Staatl. Bibliothek
Regensburg

III. 184. 6.

Philos

Zur
Stadtbibliothek

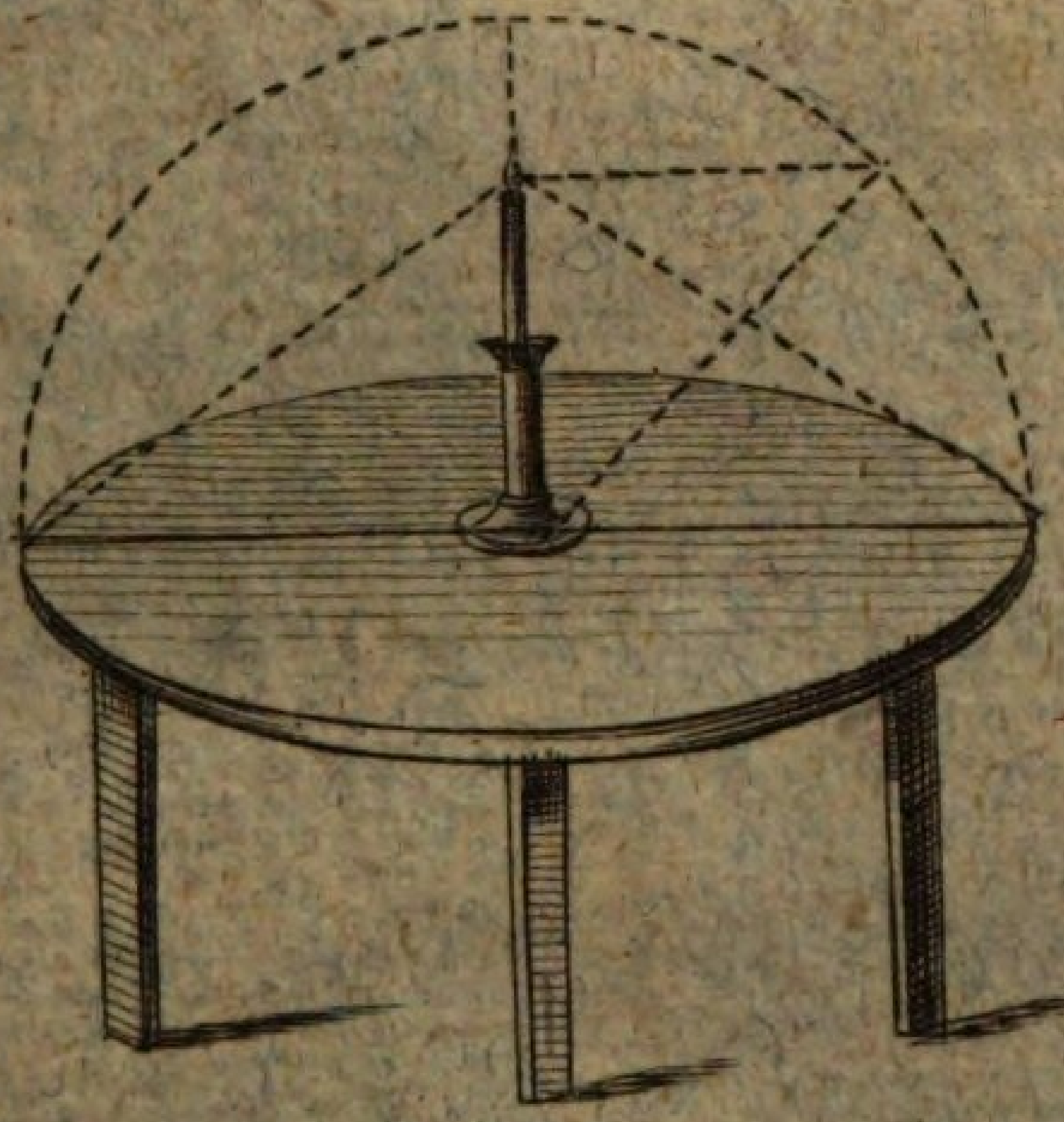
1936 a VI

SBR 069027378364

Physikalischer
Kinderfreund

von

Gerhard Ulrich Anton Vieth,
Professor der Mathematik zu Deßau.



Sechstes Bändchen.
Mit drey Kupfertafeln.

Leipzig, 1803.
bey Johann Ambrosius Barth.

Vorrede.

Bekanntlich wachsen Einem die Bücher und Kinder unter den Händen, wie man zu sagen pflegt.

Der physikalische Kinderfreund wächst hiermit bis zum sechsten Theile an, und die Kinder, die beym ersten Theile zu lesen anfingen, werden unterdessen auch so weit herangewachsen seyn, daß sie diesen sechsten Theil, der etwas Mathematik, Latein u. s. w. enthält, verstehen können — wenigstens mit Hülfe eines Lehrers.

Ich bitte meine bisherigen gütigen Beurtheiler, dieses Heranwachsen der Kinder mir zu Gute kommen zu lassen, sonst

möchten

möchten sie mir freylich wohl vorwerfen können, daß ich hin und wieder ein wenig zu tief in den Text (oder in die Noten) gekommen sey.

Wegen einiger Druckfehler bitte ich, wegen des zum Theil undeutlich geschriebenen Manuscripts, um Nachsicht. Einen, womit das Buch anfängt, will ich gleich hier anzeigen. Statt: Der **Mond** ist so schön, lese man: Der **Abend** ist so schön u. s. w.

B.

Inhalt.

Inhalt.

1. Der Sonnenuntergang Seite 1
2. Sehewinkel und scheinbare Größe 3
3. Der Schieferdecker und der Thurmknopf 8
4. Schätzung horizontaler Weiten und senkrechter Höhen 12
5. Der große Bär 16
6. Etwas über unsern Horizont 20
7. Das Himmelsgewölbe 22
8. Fortsetzung 26
9. Fortsetzung 30
10. Eine Nadel einzufädeln 32
11. Experiment mit den Augen 37
12. Eine Geschichte von einem Blinden 42
13. Ein merkwürdiger Blinder 47
14. Eine kleine Schifffahrt 53
15. Eine Ausschweifung 62
16. Schnelle Bewegung 65

17.

17. Langsame Bewegung S. 69
18. Messung des Lichts 73
19. Ausstrahlende Lichtmenge 78
20. Glanz 86
21. Auffallende Lichtmenge 89
22. Stärke der Erleuchtung 95
23. Ungleichförmige Beleuchtung einer Ebene von einer Lichtflamme 99
24. Lichtflammen von gleicher Größe und Stärke 103
25. Photometrische Versuche 109
26. Fortsetzung 112
27. Fortsetzung 116
28. Vergleichung des Lichts von Talgkerzen und Lampen 120
29. Werkzeug zur Messung des Glanzes der Flammen 126
30. Ein anderes Werkzeug zur Messung der Klarheit größerer Flächen 129
31. Erleuchtung von undurchsichtigen leuchtenden Flächen 131
32. Klarheit der Flächen zu messen 137
33. Vergleichung des Glanzes der Sonne und des Mondes 140
34. Fortsetzung 144
35. Fortsetzung 149
36. Gesehene und scheinbare Helligkeit 152
37. Abnahme der Erleuchtung auf einer Ebene 158
38. Tafel für die Erleuchtung einer Ebene von einer Lichtflamme 166

39.

39. Erleuchtung von zwey Lichtflammen S. 168
40. Erleuchtung einer Wand von zwey Lichtern 173
41. Vortheilhafteste Höhe der Lichtflamme über einem runden Tische 178
42. Fortsetzung 181
43. Fortsetzung 185
44. Fortsetzung 189
45. Erleuchtung eines Tisches und eines Pultes 194
46. Die Camera obscura 200
47. Zurückwerfung des Lichts von ebenen Spiegeln 203
48. Aenderung der Lage des zurückgeworfenen Strahls 207
49. Bilder im ebenen Spiegel 210
50. Fortsetzung 216
51. Das Spiegelkästchen 219
52. Verschiedene krumme Spiegel 227
53. Versuche, mit ebenen Spiegeln zu brennen 230
54. Brennweite des sphärischen Hohlspiegels 233
55. Bilder im Hohlspiegel 237
56. Optische Anamorphosen 241
57. Katoptrische Anamorphosen 248
58. Brechung des Lichts 253
59. Lichtfarben 261
60. Farbige Ränder 264
61. Etwas aus der Physik der Alten 268

62.

62. Warum der Mensch nicht kugelrund ist S. 270
63. Meinungen der Alten über das Sehen 272
64. Meinungen der Alten über die Farben 276
65. Des Cartes Versuche und Meinungen über Licht und Farbe 281
66. Newtons Licht- und Farbenlehre 283
67. Eulers Licht- und Farbenlehre 287
68. Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts, vom Herrn Prof. Wünsch 300

1.

Der Sonnenuntergang.

„Der Mond ist so schön," sagte Wilhelms Vater zu seinen jungen Begleitern, mit denen er eben von einem angenehmen Spatziergange zurückkehrt, laßt uns hier verweilen, um den Untergang der Sonne zu betrachten.

Mit vermindertem Glanze, mit vergrößertem Umfange und mit beschleunigtem Laufe senkte sich die goldene Scheibe zum Horizonte hinab, bald berührte sie die Erde, und verschwand. Der bunte Farbenschimmer des leichten Gewölks erlosch endlich auch, der reine Aether färbte sich mit dunklerem Blau; sichelförmig und sanft glänzend folgte der junge Mond der Sonne nach, und flimmernde Sterne blickten nach und nach von dem hohen Gewölbe des Himmels herab.

Welche Scenen bietet uns die große Natur täglich dar! Was ist die prächtigste Dekoration, worauf die Kunst alle ihre Talente, und der Reichthum alle seine Schätze verwendet, gegen einen Sonnenaufgang oder Sonnenuntergang, wie ihn der Himmel so oft und unbemerkt und gratis

giebt. Der Uebergang von dem lauten Gewühle des Tages in die stille Einsamkeit der Nacht, wie wohlthätig für unsere Organe und für unser Herz! Das Auge von Licht, das Ohr von Geräusch, die Seele von Geschäften und Sorgen ermüdet, dreht uns die mütterliche Erde in den Schatten, damit wir ausruhen von unsern Arbeiten, uns sammeln von unsern Zerstreuungen und vergessen unsere Bekümmernisse. Die Unendlichkeit thut sich vor unseren Augen auf; statt einer Sonne sehen wir tausende glänzen, still und geheimnißvoll ziehen zahllose Gestirne über uns hin, aus der unübersehbaren Erde wird eine kleine Kugel, wie die, welche dort oben mit matterem Schimmer leuchten; das Herz erhebt sich in höheren Gefühlen und Wünschen als die, womit wir uns gewöhnlich den Tag über herumtreiben.

Ein solcher Abend giebt Stoff zu Fragen und Betrachtungen für ein ganzes Jahr, für ein ganzes Menschenleben, für einen ganzen Band eines physikalischen Kinderfreundes, und für einen kleinen Anhang von einigen Folianten. — Meine jungen Leser brauchen nicht zu erschrecken; außer einem Octavbändchen wird nichts zu fürchten seyn.

2.

Sehewinkel und scheinbare Größe.

Woher kommt es, fragte Wilhelm, daß die Sonne beym Untergehen so groß scheint? Ich habe das schon oft bemerkt.

V. Die Erfahrung ist freylich leicht gemacht und sehr bekannt, aber aufrichtig gestanden, nicht so leicht erklärt. Daß es eine Täuschung seyn müsse, sieht jeder ein. Sollten wohl Sonne und Mond am Horizonte wirklich größer seyn, als mitten am Himmel?

W. Das wäre wohl sehr ungereimt anzunehmen, aber vielleicht sind sie uns beym Auf- und Untergehen näher?

V. Wenn dies wäre, so brauchten wir weiter nach keinem Grunde zu forschen, denn die scheinbare Größe eines Gegenstandes richtet sich allerdings hauptsächlich mit nach dem Gesichtswinkel oder Sehewinkel, der daher auch, wiewohl nicht ganz in der Bedeutung des gemeinen Sprachgebrauchs, selbst scheinbare Größe genannt wird.

W. Was ist denn das für ein Winkel, der Sehewinkel?

V. Erinnerst du dich noch, als ich euch neulich zeigte, wie man die Höhe eines Thurms messen könne?

W. O ja! Sie richteten das Diopternlineal des Winkelmessers erst nach dem Fuße und darauf nach dem Knopfe des Thurms, zählten die Grade des Winkels, und ließen uns dann die Entfernung unsers Standpunkts vom Thurme mit der Meßkette messen.

V. Nun gut! der gemessene Winkel war der Sehewinkel. Man versteht also darunter den Winkel, welchen die beyden Linien mit einander machen, welche von zwey äußersten Punkten des Gegenstandes nach dem Auge gezogen werden. Wenn man von einem Gegenstande sich weiter entfernt, oder sich demselben nähert, so wird ohne Zweifel der Sehewinkel sich verändern, und wie?

W. Je weiter das Auge wegrückt, desto kleiner, und je näher es dem Gegenstande ist, desto größer wird begreiflich der Sehewinkel seyn.

V. Bey einer ungefähren Bestimmung und bey kleinen Winkeln kann man annehmen, daß, wenn die Entfernung des Gegenstandes vom Auge zweymal größer ist, der Winkel halb so groß sey, oder überhaupt, daß die Winkel sich umgekehrt verhalten, wie die Entfernungen. Wenn du also einen Menschen in einer Entfernung von zweyhundert Schritten siehst, so erscheint er dir unter einem halb

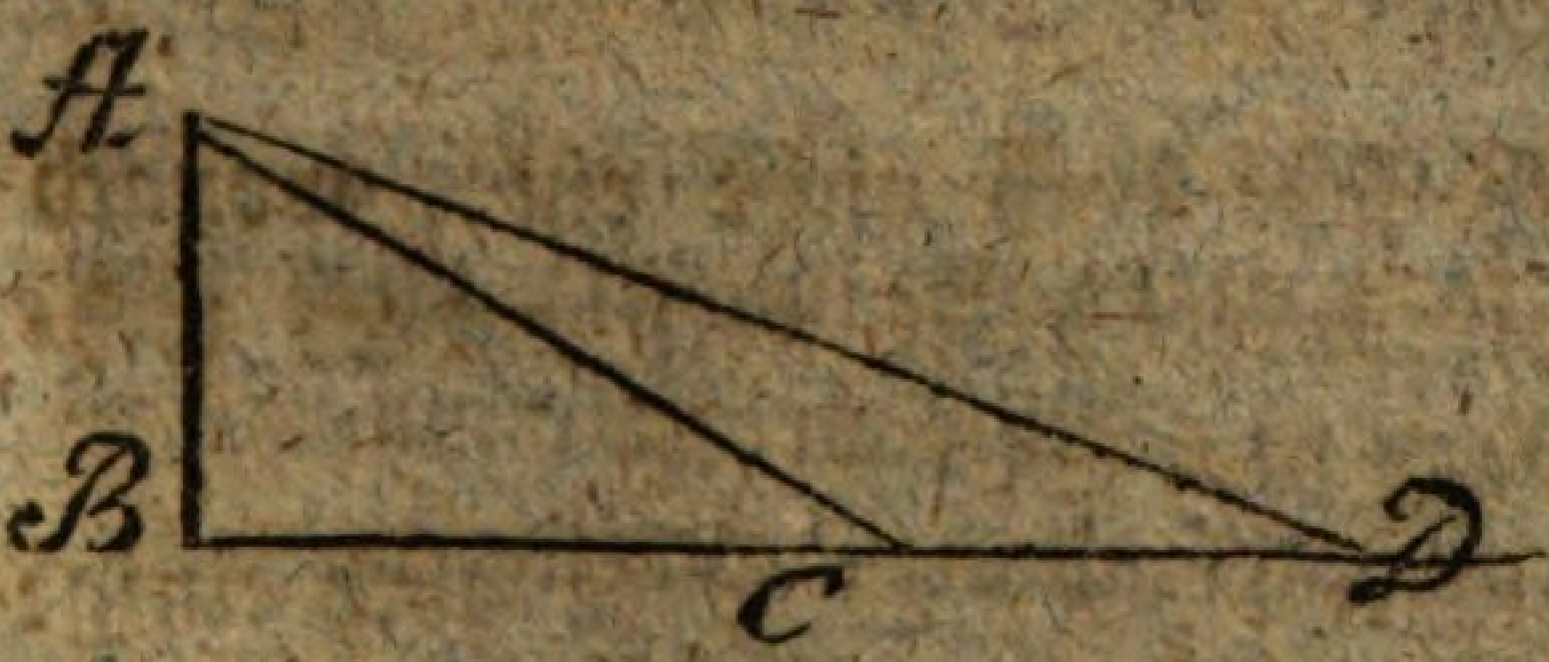
so

so großen Sehewinkel in einer Entfernung von einhundert Schritten *).

W. Das ist klar; und also auch umgekehrt, wenn mir ein Mensch in einer gewissen Entfernung noch einmal so groß erscheint, als in einer andern, z.B. von zweyhundert Schritten, so schließe ich daraus, daß er mir nur um die Hälfte des Weges näher gekommen, und jetzt nur noch einhundert Schritte von mir entfernt sey.

V. Ja, in den meisten Fällen, wo der Gegenstand ein Mensch oder dergleichen von ungefähr bekannter Größe ist, und wo manche andere Dinge zur richtigen Bestimmung der Entfernung helfen, würde das wohl ziemlich zutreffen, aber im Allgemeinen schwerlich. Zum Beyspiel eben hier bey der Sonne. Sie kommt euch vielleicht beym Untergange mehr als noch einmal

*) Genau genommen und bey großen Winkeln gilt die angegebene Verhältniß eigentlich von den Tangenten der Sehewinkel. Es sey in nebenstehender Figur ein Gegenstand AB aus zwey Standpunkten C und D gesehen, so verhält sich



CB : AB = sin. tot. : tang. C
und AB : DB = tang. D : sin. tot.
folglich CB : DB = tang. D : tang. C

einmal so groß im Durchmesser vor, als um Mittag.

W. O ja, zuweilen viel größer.

V. Was würde also daraus folgen, wenn wir den vorigen Schluß gelten ließen?

W. Daß sie beym Untergange um die Hälfte näher sey, als am Mittag.

V. Sollte das wohl statt finden?

W. Gewiß nicht. Es kommt einem vielmehr vor, als ob sie da unten weiter weg wäre als da oben.

V. Das kömmt mir selbst so vor, ob wohl auch das gewiß nicht wirklich so ist. Aber was wir so eben von dem Gesichtswinkel und der Entfernung behaupteten, war doch richtig.

W. Ja, so viel ich einsehe, allerdings.

V. Was wäre also wohl daraus abzunehmen?

W. Daß das Großscheinen sich nicht gerade nach dem Sehewinkel richte.

V. Offenbar! man sollte daher scheinbare Größe und Sehewinkel nicht als gleichbedeutend gebrauchen.

W. Aber ich sehe doch nicht ein, wonach sich denn die scheinbare Größe noch anders richten könne, als nach dem Sehewinkel.

V. Wir wollen sehen, ob nicht noch einige andere Umstände Einfluß darauf haben. Nicht wahr, wenn ein Pferd fünf Fuß hoch, und ein Hund einen Fuß hoch ist — die übrigen Ausmes-

sungen

sungen ungefähr in eben der Verhältniß genommen — so wird das Pferd in einer Entfernung von 100 Fuß unter demselben Gesichtswinkel gesehen, wie der Hund in einer Entfernung von 20 Fuß.

W. Ja, freylich!

V. Aber kömmt dir wohl der Hund deshalb so groß vor, wie das Pferd?

W. Nein! das Pferd wird mir größer scheinen.

V. Oder du siehst ein Buch vor dir auf dem Tische liegen. Gewiß scheint es dir nicht so groß als das entferntere Fenster, gleichwohl wenn du es mit ausgestrecktem Arm gegen das Fenster hältst, wird es dir dieses gänzlich verdecken; ein Beweis, daß es dir wirklich unter einem größern Sehewinkel erscheint als letzteres.

W. Ich bin hierauf noch nie recht aufmerksam gewesen.

V. Gut also, daß wir jetzt darauf gekommen sind. Es mischen sich, wie du siehst, in unsre Schätzung der Größe, ohne daß wir es selbst wissen und wollen, Urtheile über Entfernung u. s. w. ein, die wir von der Empfindung gar nicht trennen können, wenn wir auch wirklich uns darum bemühen. Es ist selten oder niemals möglich, die reine sinnliche Empfindung abgesondert von allen Urtheilen zu erhalten. — Noch ein anderes Beyspiel: Ohne Zweifel habt

ihr

ihr schon in der Dunkelheit ein weit entferntes Licht gesehen?

O ja, schon oft.

V. Nun da werdet ihr bemerkt haben, daß es euch in großer Entfernung doch immer ziemlich groß scheint. Eine gewöhnliche Lichtflamme aber ist bekanntlich nur klein. Ein minder glänzender Körper von derselben Größe würde bey weitem nicht in der Entfernung gesehen werden. Der Sehewinkel, unter dem eine z. B. tausend Fuß weit entfernte Lichtflamme gesehen wird, ist schon so klein, daß ein mäßig erleuchteter Körper schon ganz verschwände.

3.

Der Schieferdecker und der Thurmknopf.

W. Wann verschwindet denn ein solcher Körper?

V. Wir wollen das nachher untersuchen. Jetzt bemerken wir nur, daß es bey der scheinbaren Größe nicht bloß auf den Sehewinkel, sondern auch auf vorhergehende Kenntniß der wahren Größe und auf Stärke des Lichtes ankomme. Es ist aber noch ein dritter Umstand zu bemerken, nämlich die Schätzung der Entfernung. Wenn wir einen Gegenstand näher glauben, so scheint er uns kleiner,

ner, als wenn wir ihn entfernter glauben, gleichen Sehewinkel vorausgesetzt.

W. Je näher also, desto kleiner? je entfernter, desto größer? Ich dachte, es wäre gerade umgekehrt.

V. Du scheinst da deine Begriffe zu verwirren. Ich sagte, je näher wir einen Gegenstand glauben, desto kleiner, je entfernter, desto größer, und das ist ohne Zweifel sehr wahr und richtig. Als vor einiger Zeit der Kirchthurm reparirt wurde, und ihr den Schieferdecker oben schweben sahet, was fiel euch sogleich auf?

Er sah so klein aus, wie ein Knabe!

V. Das war es, worüber ihr laut eure Verwunderung bezeugtet. Nun mag er etwa höchstens in einer Höhe von zweyhundert Fuß gewesen seyn, und weil ihr nicht weit vom Thurme standet, so war die Entfernung von euerm Auge wenig größer. Nun sehet ihr aber oft denselben Menschen in einer eben so großen und noch größern Entfernung auf der Straße. Kommt er euch da auch so klein vor, wie ein Knabe?

Nein! wenigstens fällt es uns nicht so auf.

V. Und besinnt ihr euch nicht noch auf etwas anderes, worüber ihr euch nachher ebenfalls wundertet? — Es war bey derselben Gelegenheit, als nämlich der Thurm reparirt wurde.

Ach ja! wie der Knopf und die Windfahne abgenommen waren, da erstaunten wir nicht wenig

nig über ihre Größe! So groß hatten wir sie uns lange nicht vorgestellt. —

V. Eben so giengs euch mit den Zahlen an dem abgenommenen Zifferblatte. Als wir weggiengen und ihr zurücksahet, da riefet ihr noch immer aus: was das für eine große Kugel ist! obgleich ihr schon weiter davon entfernt waret, als die Höhe des Thurms.

Ja, wir erinnern uns noch recht gut!

V. Der Schieferdecker schien euch also, da er oben auf dem Thurme arbeitete, kleiner, oder wenn ihr euch lieber so ausdrücken wollt, die Kleinheit fiel euch mehr auf, als in einer gleichen und vielleicht größeren Entfernung unten auf der Straße.

Und umgekehrt: der Knopf schien euch, da er unten auf der Straße lag, größer, oder seine Größe fiel euch mehr auf, als in einer gleichen, und vielleicht geringeren Entfernung oben am Thurme.

W. Das ist sonderbar, woher mag das kommen?

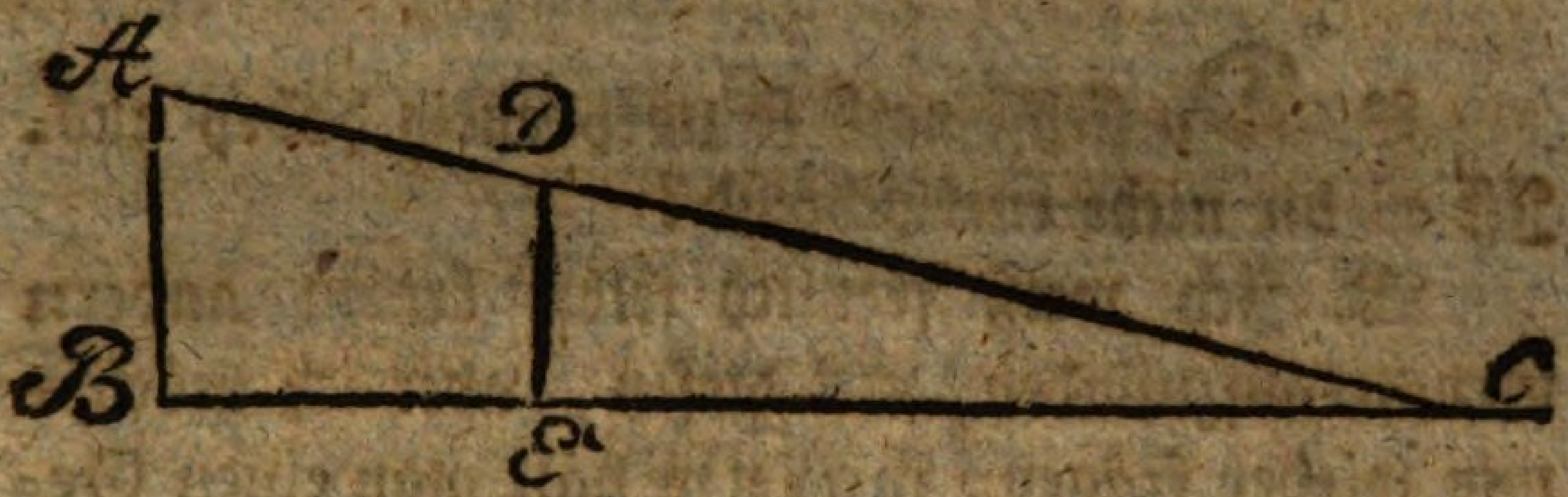
V. Ich wüßte keinen andern Grund, als den, welchen ich vorhin angab: nämlich, daß sich eine unwillkührliche Schätzung der Entfernung dabey einmischt.

W. Aber wie?

V. Das Wie will ich dir selbst überlassen, oder vielmehr, es liegt schon in dem, was ich vorhin sagte.

W. Sie sagten, bey gleichem Sehewinkel schiene der Gegenstand kleiner, wenn wir ihn näher, und gegentheils größer, wenn wir ihn entfernter glaubten.

V. Und das siehst du ohne Zweifel ein. Denn wenn in der Figur hier



ein Gegenstand, dessen Höhe AB ist, von einem Auge in C gesehen wird, seine wirkliche Entfernung vom Auge also BC ist, so wird er unter demselben Sehewinkel gesehen, wie, wenn er die geringere Größe DE hätte, und seine Entfernung vom Auge nur EC wäre. Glaubt nun der Zuschauer in C, daß der Gegenstand AB näher, nämlich in E stehe, so wird er denselben kleiner schätzen, als wenn er ihn weiter weg in B glaubte.

W. Das ist mir klar.

V. Wenn wir dies nun auf den Schieferdecker und auf den Thurmknopf anwenden? —

W. Da würde man also den Grund so angeben: sie scheinen um deswillen oben so klein, und unten so groß, weil wir sie oben für näher, und unten für entfernter halten.

4.
Schätzung horizontaler Weiten und senkrechter Höhen.

V. Du siehst noch so zweydeutig dabey aus. Ist es dir nicht einleuchtend?

W. Ich weiß freylich selbst keinen andern Grund aufzufinden, als diesen, aber ich möchte nun wieder fragen: warum hält man einen Gegenstand in der Höhe für näher, als in der horizontalen Entfernung?

V. Diese Frage habe ich erwartet, aber eine ganz befriedigende Antwort weiß ich in der That nicht darauf zu geben. Vielleicht kommt es daher, weil wir in horizontalen Entfernungen auf ebenem Boden zwischen uns und dem Gegenstande eine Menge anderer Dinge, Häuser, Bäume, Pflastersteine u. s. w. gewahr werden, deren scheinbare Entfernungen von einander sich nach den Gesetzen der Perspective darstellen. Wir nehmen diese einzelnen Entfernungen, die wir meistens selbst durchgegangen sind, und von denen wir also eine ziemlich richtige Vorstellung haben, zum Maaßstab, und setzen daraus die Entfernung der Gegenstände zusammen. Zwischen unserm Auge aber und einem Gegenstande in der Höhe sehen wir nichts, was uns zum Merkmal

der

der Entfernung dienen könnte. Unser Auge geht nicht, um mich so auszudrücken, Schritt vor Schritt den Weg bis zum Gegenstande durch, sondern überspringt ihn mit einemmale. Derselbe Umstand mag auch vielleicht bey einer ähnlichen Erfahrung zum Grunde liegen, der euch auch schon bekannt ist, nehmlich daß wir einen Fluß, wenn wir an dem flachen Ufer desselben stehen, gewöhnlich schmäler schätzen, als er ist.

W. Das ist mir schon mehrmals so gegangen. Als wir neulich an den Badeplatz kamen, glaubte ich nichts weniger, als daß ich einen Stein nicht sollte bis an das andere Ufer werfen können, und wunderte mich, als ich den Versuch machte, daß der Stein nicht weit über die Mitte ins Wasser fiel. Wie wir hineinstiegen und durchbaden wollten, kam mir der Fluß immer breiter vor, je weiter ich gegen die Mitte hinkam.

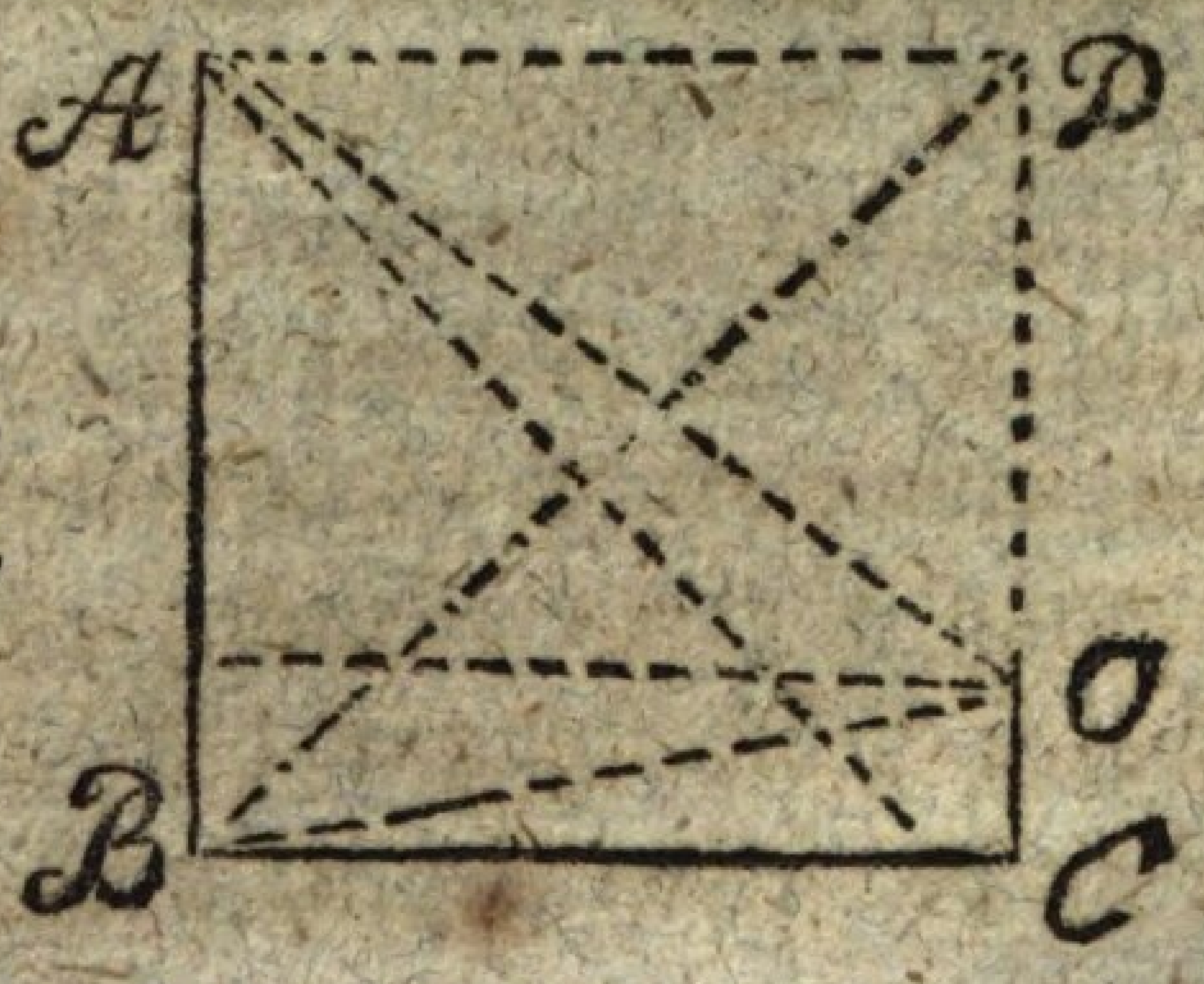
V. Ohne Zweifel ist auch hier der Mangel stuffenweise auf einander folgender Merkmale Schuld an dieser Täuschung. Auf dem Lande würdest du gewiß ziemlich sicher die Weite voraus bestimmen, wohin du werfen kannst. — An einem senkrecht stehenden Gegenstande selbst, z. B. an einem Thurm giebt es zwar Absätze, Fenster, Gesimse über einander, die Stuffen und Merkmale der Entfernung abgeben können; allein wir schätzen die oberen Abtheilungen des Thurms, wenn wir nahe an demselben stehen, nach Maaß-

gabe

gabe des kleinen Sehewinkels gewöhnlich zu klein. Auf ebner Erde hingegen, zum Beyspiel in einer Allee, schätzen wir dieselben Zwischenräume etwa von einem Baum zum andern richtiger, wir sind diese Entferungen oft durchgangen. Die Vorstellung der Schritte, die wir von einem zum andern zu gehen hätten, vermischt sich sogleich mit der sinnlichen Wahrnehmung, und macht, daß wir nicht bloß den Sehewinkel zum Maaße annehmen.

W. Ein Thurm der Länge nach auf die Erde hingelegt, würde also wohl länger scheinen, wenn wir bey dem einen Ende ständen, als so da er aufrecht steht?

V. Ich glaube allerdings. Mit Thürmen läßt sich so was zwar nicht versuchen, aber bey Schiffsmasten habe ich es wenigstens so gefunden. — Vielleicht kann auch noch ein Umstand dazu beytragen, nämlich daß wir eine senkrechte Höhe müßten wirklich unter einem kleineren Sehewinkel betrachten, als eine gleiche Länge von unsern Füßen angerechnet.



Denn

Denn gesetzt, ich stehe vor einem Thurm AB in einer Entfernung, welche seiner Höhe gleich ist, BC, so sehe ich den Thurm unter dem Sehewinkel AOB, die Weite BC aber unter dem Winkel COB. Dieser letztere Winkel ist grösser als der erstere, und zwar um desto größer, je niedriger das Auge steht. Erst wenn es eben so hoch, wie der Thurm, nämlich in D stände, würde es den Thurm AB und die Weite BC unter gleichen Winkeln sehen *).

W. Das ist klar, denn alsdenn würden die Winkel an beyden Seiten der Linien DB jeder 45 Grade betragen.

V. Umgekehrt kömmt es mir wenigstens, wenn ich auf einem Thurme oben in A stehe, so vor, als ob eine Länge auf dem Boden, die der Höhe des Thurms gleich seyn mag, kürzer sey; wenn ich von A nach C hinabsehe, so scheint mir die Gesichtslinie AC steiler hinabzugehen, als wenn ich von C nach A hinaufblicke.

W. Wenn wir einmal wieder auf den Thurm steigen, um die Sonne aufgehen zu sehen, so will ich darauf aufmerksam seyn.

*) Ich finde dieses Umstandes bey keinem Schriftsteller erwähnt; Smith, Priestley u. a. sagen nichts davon; vielleicht ist er doch nicht ganz unbedeutend.

V. Es ist wohl möglich, daß es nicht Allen so scheint, denn bey dergleichen Täuschungen urtheilt oft Einer ganz anders als der Andere. Darin scheinen aber doch ziemlich alle übereinzustimmen, daß horizontale Entfernungen größer scheinen als gleiche verticale; und hieraus können wir denn die scheinbare Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizonte, wie ich glaube, ziemlich befriedigend erklären, nämlich?

W. Weil wir sie am Horizonte weiter entfernt schätzen, und sie doch unter demselben Sehewinkel sehen, wie mitten am Himmel, so schätzen wir sie größer.

5.

Der große Bär.

V. Was wir vorhin von Sonne und Mond bemerkten, gilt auch von den Sternen.

W. Von den Sternen?

V. Du willst sagen, diese erscheinen uns tief am Himmel nicht anders als in der Höhe. Das ist auch ganz richtig in Ansehung der scheinbaren Größe eines jeden unter ihnen, auch in Ansehung der Planeten ist zwar keine Veränderung merklich, aber desto mehr in Ansehung ihrer scheinbaren Entfernung von einander.

W.

W. Wenn Sie uns doch über die Sterne Ihre Belehrungen mittheilen wollten; davon bin ich schon lange begierig gewesen, mehr zu wissen. Ich kann gar nicht begreifen, wie man so viel davon erzählen und berechnen und vorhersagen kann, wie ich gelegentlich gehört habe.

V. Ich hoffe euch künftigen Winter zu eurem Vergnügen und Nutzen davon zu unterhalten; für jetzt wollte ich euch nur bemerken lassen, daß die Entfernung der Sterne von einander am Horizonte viel größer scheint, als am Zenith.

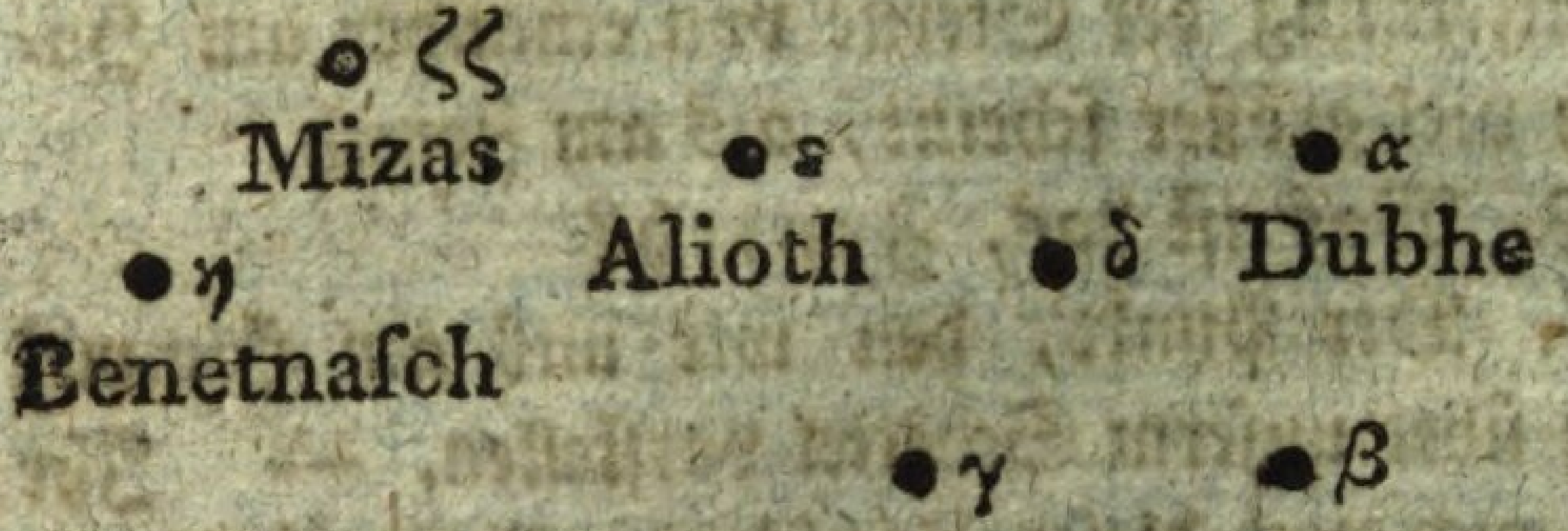
W. Was ist das, Zenith?

V. Der Punkt, den wir uns am Himmel gerade über unserm Scheitel vorstellen. — Ihr könnt euch von dieser Täuschung sehr leicht überzeugen, wenn ihr die sieben Sterne beobachtet, welche man gemeiniglich den Wagen am Himmel nennt; es ist ein Theil von einem Sternbilde, der große Bär genannt.

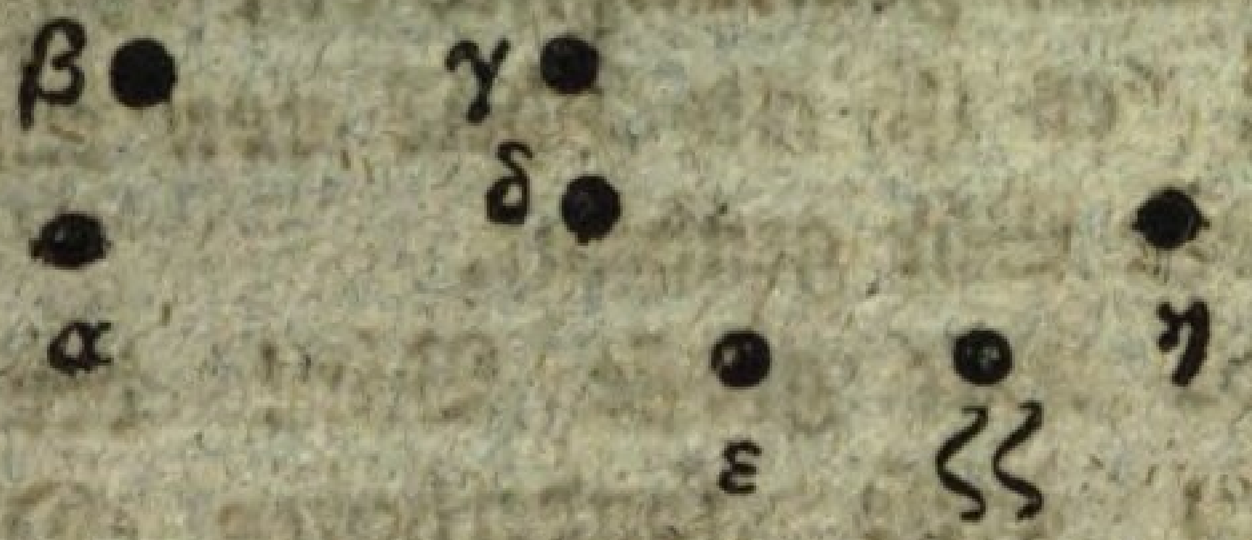
W. Der große Bär! der Wagen! Wie kommen diese sonderbaren Dinge an den Himmel?

V. Davon künftig einmal! Die sieben Sterne, die ich erwähnte, sind leicht zu finden, sie stehen ungefähr in der Lage, wie ich sie euch sogleich hinzeichnen will. Vier davon machen ein schiefwinklichtes Viereck, und die drey andern ein stumpfwinklichtes Dreyeck. Sie gehen für unsere Gegenden niemals unter, und können daher in jeder heitern Nacht im Sommer und Winter

beobachtet werden. Im Winter, wo die Nächte lang sind, kann man sie in einer und ebenderselben Nacht, tief gegen den Horizont zu, hoch über dem Scheitel sehen. Da ist nun die große Verschiedenheit ihrer Weite von einander sehr auffallend. Um euch nur so ungefähr das Verhältniß anschaulich zu machen, will ich hier das Sternbild durch Punkte darstellen. Wenn sie unter dem Pol im Meridian sind, etwa so



Wenn sie aber über dem Pol culminiren, etwa so



W. Mich dünkt, ich habe diese Figur von Sternen schon am Himmel bemerkt, aber lieber Vater! was haben Sie denn für barbarische Namen und Buchstaben dabey geschrieben?

V. Die Mathematiker buchstabiren Alles, mein Sohn! Man muß ja Zeichen haben, wodurch man eine Sache ausdrücken kann, und daher sind die Buchstaben sehr bequem. Die Astronomen bezeichnen nun ihre Sterne, die zu

einer

einer Gruppe oder Figur gehören, mit griechischen Buchstaben. Ehe das eingeführt wurde, gab man den merkwürdigsten Sternen eigene Namen, die meistens von den Arabern herrühren.

W. Und Sie sprachen auch von Pol und culminiren und Sternbild und Meridian. Von allem dem weiß ich noch nichts.

V. Ja siehst du, es giebt noch viel für dich zu lernen. Du weißt noch wenig von dem, was auf Erden ist; vom Himmel noch gar nichts, als daß die Sonne Tag und Nacht macht, und zuweilen der Mond scheint.

W. Ich freue mich schon darauf, mehr davon zu erfahren. Heute Abend noch will ich die Sterne des großen Bären aufsuchen, und Acht geben, ob sie mir so erscheinen, wie Sie es da gezeichnet haben.

V. Immer thue das. Die ersten Menschen, die den Grund zur Astronomie legten, haben auch mit dem bloßen Ansehen angefangen, nur muß man es nicht dabey bewenden lassen. Ohne Nachdenken kann man den großen Bären lange ansehen, ohne mehr daraus zu lernen, als wenn man selbst einer wäre.

6.

Etwas über unsern Horizont.

W. Läßt sich denn bestimmen, wie viel der Unterschied der scheinbaren Entfernungen und Größen unten und oben am Himmel betrage?

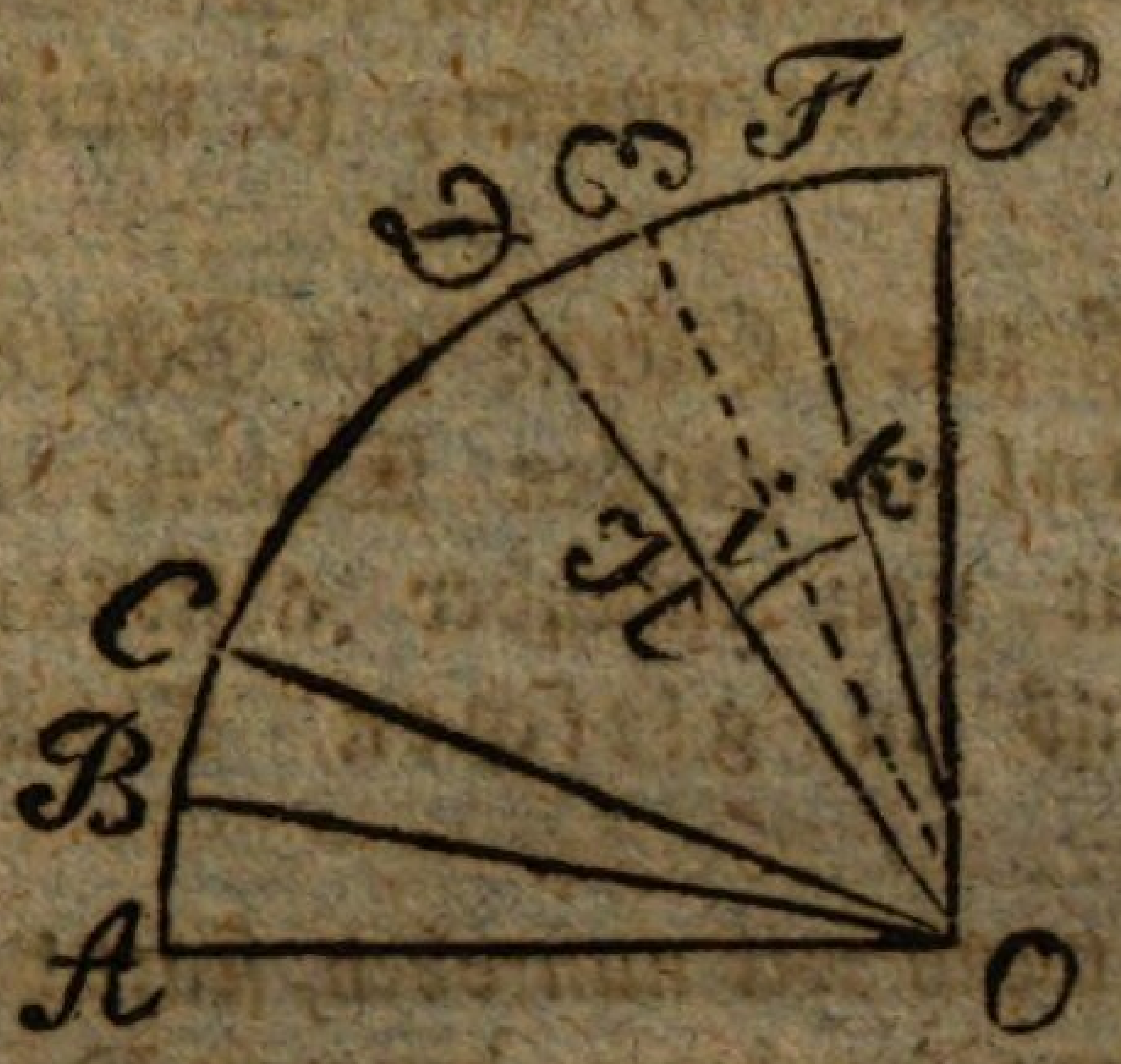
V. Wollen wir es einmal versuchen?

W. Recht gern! wenn es nicht über meinem Horizonte ist.

V. Die Redensart ist, beyläufig zu bemerken, wohl nicht sehr richtig.

W. Wie so?

V. Was schon wirklich über eines Menschen Horizont ist, das ist ihm nicht mehr verborgen, sondern im Gegentheil das, was noch unter demselben ist. Um einen Stern, oder eine Küste, oder ein Schiff zu sehen, was noch unter dem Horizont ist, muß man sich erst höher erheben, auf Berg, oder Thurm, oder Mastbaum klettern. Also sollte man wohl von einer Sache, die wir noch nicht einsehen, und welche einzusehen, wir uns erst noch zu höheren Vorkenntnissen erheben müssen, vielmehr sagen, sie ist noch unter meinem Horizont. Unsere kleine Untersuchung nur soll, denke ich, im eigentlichen Sinne über deinem Horizonte seyn.



Unser Auge sey in O, und A G sey ein Bogen von 90 Graden am Himmel, vom Horizonte A bis zum Zenith G ein Quadrant eines Vertikal- oder Scheitelkreises.

Gesetzt, wir sehen nun zwey Sterne B und C nicht weit vom Horizonte, (sie mögen in einem Scheitelkreise stehen) und wir wollten finden, wie uns ihre Entfernung von einander oben am Zenith verkleinert erscheine. Zu dem Ende suchen wir zwey andere D und F, nahe am Scheitelpunkte auf, welche uns dem Augenmaaße nach dieselbe Weite von einander zu haben scheinen, wie jene. Werden diese beyde höhern Sterne unter einem größern oder kleinern Winkel von einander entfernt seyn?

W. Die höher stehenden werden offenbar unter einem größern Winkel von einander abstehen.

V. Nun messen wir die Winkel B O C am Horizont und D O F am Zenith. Gesetzt, wir fänden, um nur, des Beyspiels wegen, eine

leichte

leichte Zahl anzunehmen, den obern Winkel doppelt so groß als den untern, so würde daraus folgen?

W. Daß zwey Sterne am Scheitel um einen zweymal so großen Winkel, als zwey am Horizont von einander abstehen müssen, wenn sie uns in gleichen Abständen erscheinen.

V. Und wenn wir nun oben, statt des Sterns F, einen andern E nehmen, der von D um eben den Winkel absteht, wie C von B, wie werden uns D und E erscheinen?

W. D und E werden mir ohne Zweifel nur halb so weit von einander entfernt scheinen, als B und C.

V. Da hatten wir denn also das Mittel gefunden.

7.

Das Himmelsgewölbe.

W. Aber Sie haben ja da noch ein Paar Buchstaben H, I und K hingeschrieben, was sollen diese andeuten?

V. Wenn wir uns (wie es einige Philosophen des Alterthums gethan haben) die Sterne wie

wie Punkte an einem festen Gewölbe vorstellen, so scheint uns also der Bogen DF, unserm Augenmaaße nach, nur so groß als der Bogen BC. Ich habe nun zwischen den Linien OD und OF einen Bogen HK dahin gezeichnet, wo er so groß wie B C seyn würde. Wir sezzen also unserm Augenmaaße nach die beyden Sterne D und F in die Gegend von H und K, das heißt, wir sehen das Gewölbe des Himmels, so, wie wenn es von A hinauf durch HK gienge. Die Stelle, wo dieser Bogen HK hingezeichnet werden muß, (wenn wir bey dem Verhältniß bleiben, die wir vorhin angenommen hatten) wirst du ohne meine Hülfe finden.

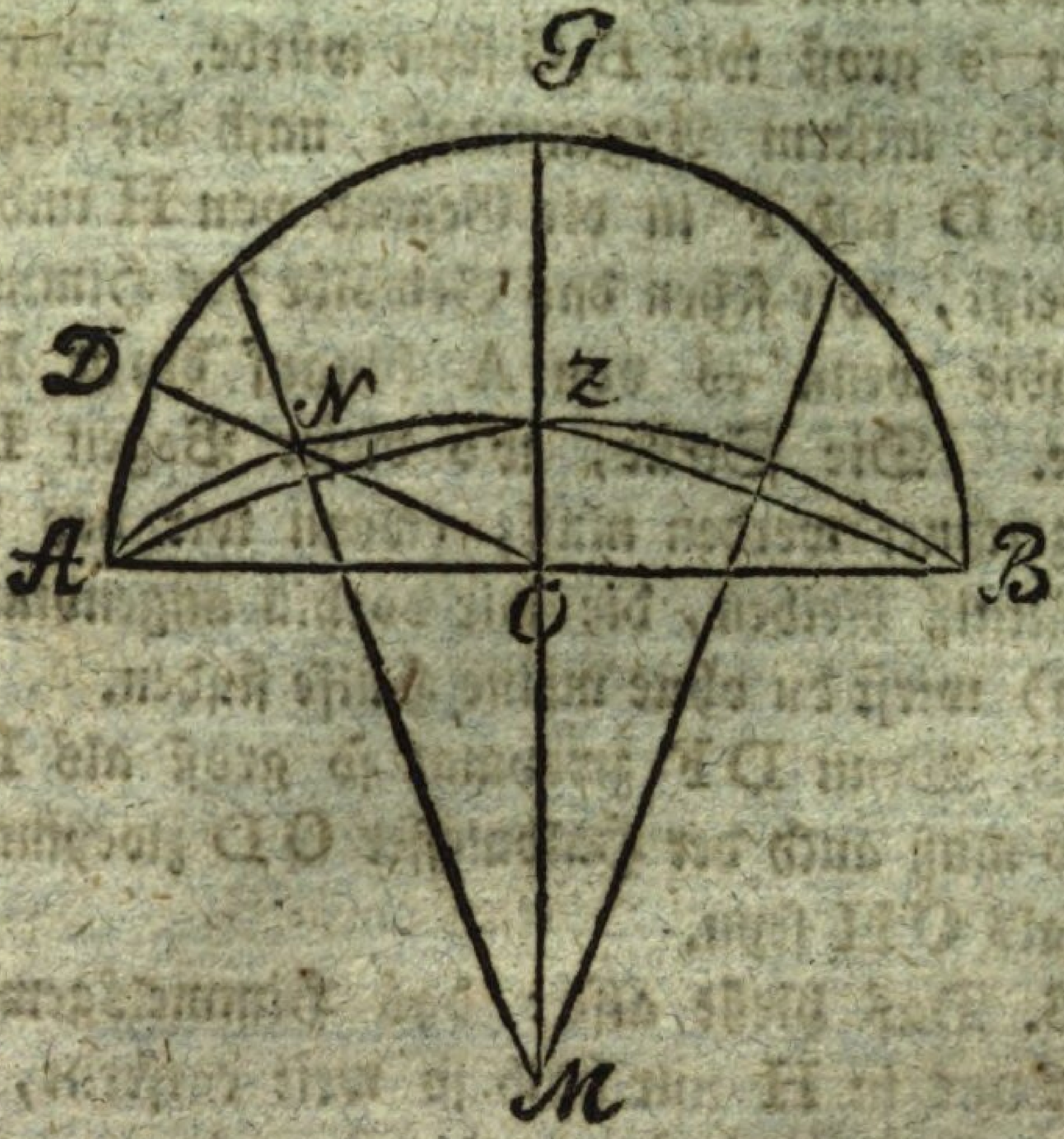
W. Wenn DF zweymal so groß als HK ist, so muß auch der Halbmesser OD zweymal so groß als OH seyn.

V. Das hieße also: das Himmelsgewölbe scheint uns in H nur halb so weit entfernt, als in B. Nicht wahr?

W. Allerdings! verhält sich es denn wirklich so?

V. Wir haben bis jetzt die Höhen von B und D u. s. w. noch unbestimmt gelassen, also läßt sich deine Frage so nicht beantworten. Wenn aber bestimmte Höhen genommen, und die Erscheinungen der Weiten und Höhen nach dem Augenmaaße damit verglichen werden, so läßt sich die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes allerdings daraus wenigstens ungefähr bestimmen.

stimmen. Dicht am Zenith haben, nach sorgfältigen Beobachtungen, zwey Sterne für unser Augenmaaß kaum ein Drittel des Abstandes, den sie dicht am Horizont haben.



Daraus würde also nach unsern vorhergegangenen Schlüssen folgen, daß für unser Augenmaaß die Entfernungen des Zeniths und des Horizonts von unserm Auge sich wie 1 zu 3 verhalten — (nemlich ungefähr, dies Wörtchen muß man immer stillschweigend hinzudenken). Nehmen wir nun dies Verhältniß als richtig, und den Bogen des Himmelsgewölbes für einen Kreisbogen an, so würdest du von selbst aus deiner Geometrie wohl im Stande seyn, diesen Bogen zu ziehen.

W.

W. Ich würde OZ nur $\frac{1}{3}$ OG nehmen; alsdann, um den Mittelpunkt des Kreisbogens zu finden, der durch die drey Punkte, A, Z, B geht, würde ich von A nach Z, und von Z nach B gerade Linien ziehen, welche Sehnen des Bogens werden, diese halbiren, und durch ihre Mitte senkrechte Linien ziehen; diese werden sich mit einander und mit der Scheitellinie in dem Punkte M schneiden, welches der gesuchte Mittelpunkt ist. — Aber mich deucht, das Beobachten zweyer Sterne dicht am Zenith, und dicht am Horizont müßte doch wohl ziemlich unsicher seyn, schon deshalb, weil man gerade nicht zwey da oben träfe, die mit zweyen da unten gleichen Abstand fürs Augenmaaß hätten.

V. Unsicher freylich immer, wie ich dir schon vorher sagte; indessen doch besser, als gar nicht. Man kann es auch, wiewohl ebenfalls mit der bemerkten Unsicherheit noch auf andere Arten anfangen. Am leichtesten etwa so. Man sucht einen Stern, der dem Augenmaaße nach mitten zwischen Horizont und Zenith steht; der also, wenn man ohne Täuschung schätzte, eine Höhe von 45 Graden über dem Horizonte haben würde: oder man kann auch Sonne und Mond in einer solchen Stelle nehmen, wo sie diese Höhe für das Augenmaaß zu haben scheinen. Wenn man nun die Höhe dieser Gestirne wirklich mit einem Winkelinstrumente beobachtet, so findet man, daß sie bey weitem nicht 45 Grade, sondern nur

etwa halb so groß, nämlich etwa 23 bis 24 Grade beträgt.

W. Nur so wenig! Das möcht' ich wohl probiren, wenn ich nur Höhen am Himmel messen könnte.

V. Dazu will ich dir mit der Zeit Anleitung geben. — Wenn man nun hieraus den Mittelpunkt des scheinbaren Himmelsgewölbes (vorausgesetzt, daß man es als Stück eines Kreises annehmen dürfe) finden will, so könnte man dies durch Versuchen *) bewerkstelligen. Solltest du es wohl selbst finden?

8.

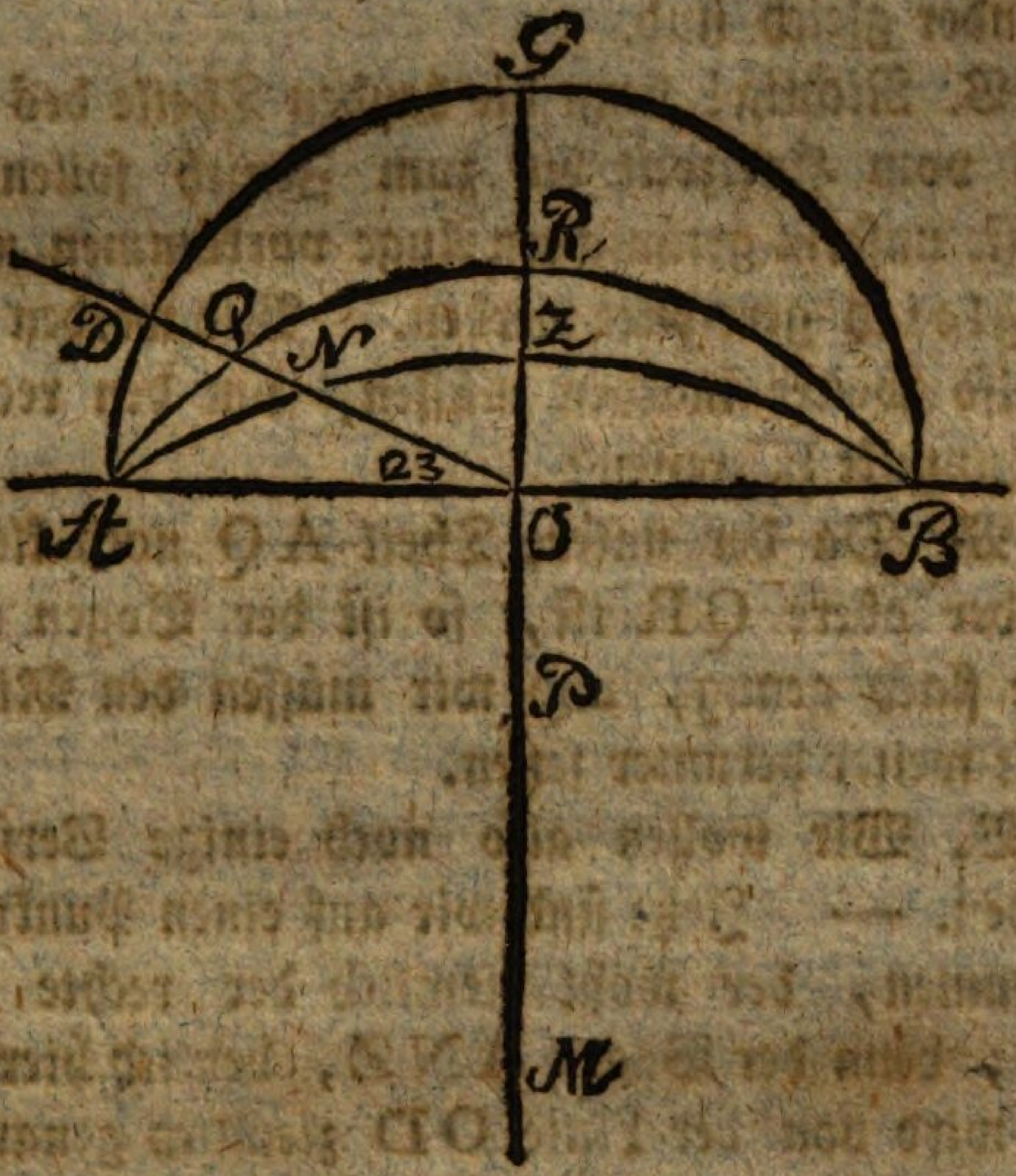
Fortsetzung.

W. Ich wüßte es doch nicht sogleich zu machen.

V.

*) Das tâtonnement ist ganz eigentlich die Methode des Anfängers. Wenn man dem Knaben eine Linie, einen Bogen, einen Winkel zu theilen den Mittelpunkt eines Kreises zu finden, aufgiebt, sogleich fängt er mit tâtonnement an. Ich stöhre ihn nicht gerne darin. Es ist der Weg, durch den er sich zur geometrischen Analysis

B. Ich will dir also zu Hülfe kommen. Zuerst wollen wir die Linie OD unter dem für die wahre Höhe gefundenen Winkel von 23 Graden ziehen. Nun ziehen wir aufs Gerathewohl einen Bogen



aus

sis erheben kann! Nur Schade, daß jetzt zu vielerley zu lernen und zu lehren ist, um auf diesem Wege immer fortzugehen. Unsere Erziehung macht aus einem Knaben eher einen kleinen Polyhistor, als einen kleinen Apollonius. Die obige Aufgabe läßt sich übrigens ohne Versuchen auflösen, aber durch kubische Gleichung, wofür hier nicht der Ort ist.

aus einem in der Scheitellinie angenommenen Mittelpunkte P. Dieser Bogen A Q R ist nun, wie wir finden, noch nicht richtig genommen, und woran sehen wir das?

W. Ich glaube daran, daß die Theile, worin es durch die Linie O D zertheilt wird, nicht einander gleich sind.

V. Richtig! denn die beyden Theile des Bogens vom Horizont bis zum Zenith sollen so, wie sie unserm getäuschten Auge vorkommen, nämlich gleich gerechnet werden. Wie werden wir es also weiter machen müssen, um den rechten Mittelpunkt zu treffen?

W. Da der untere Theil A Q noch kleiner als der obere Q R ist, so ist der Bogen noch nicht flach genug, und wir müssen den Mittelpunkt weiter herunter setzen.

V. Wir wollen also noch einige Versuche machen. — Jetzt sind wir auf einen Punkt M gekommen, der wohl ziemlich der rechte seyn wird; denn der Bogen A N Z, den ich hier ziehe, wird von der Linie O D ziemlich genau im Punkte N halbirt, so daß A N gleich N Z ist. Auch finden wir hier unsere obige Verhältniß bestätigt, daß O A ungefähr dreymal so lang als O Z ist (eher noch etwas mehr).

W. Aber ich dächte, so flach käme mir der Himmel nicht vor.

V. Ich will dich nicht überreden, etwas gegen das Zeugniß deiner Sinne anzunehmen. Es

kann

kann immer seyn, daß es dem Einen anders vorkömmt als dem Andern. Ich möchte selbst nicht einmal die Voraussetzung, daß der Durchschnitt des Gewölbes ein Kreisbogen sey, verfechten. Wirklich haben auch andere Beobachter ganz andere krumme Linien dafür angenommen, und dann möchte auch wohl die Gestalt nicht einerley Eindruck auf unser Auge machen, wenn der Himmel rein, und wenn er bewölkt ist, und wiederum im letztern Falle, wenn er gleichförmig bezogen, und wenn er mit Schichten und Streifen von Gewölk belegt ist. Mir wenigstens scheint im letztern Falle (wenn viele Wolken schichtenweis hinter einander liegen) die Weite nach dem Horizonte hin auffallend größer, als bey reinem oder gleichförmig überzogenem Himmel, und das wahrscheinlich aus eben dem Grunde, den wir vorhin von den Gegenständen auf der Erde anführten, nämlich das Auge sieht da mehrere nach den Regeln der Perspektive sich verengernde Distanzen, und dadurch wird in uns die Idee einer großen Weite erregt. Die Wolkenschichten sind hier gleichsam die Soffiten des großen Theaters, dessen Dekorationen wir bewundern.

W. Daher mag es denn vielleicht auch kommen, daß Sonne und Mond beym Aufgange und Untergange nicht immer von gleicher Größe scheinen, wenigstens deucht mir, daß ich eine Verschiedenheit bemerkt habe.

9.

Fortsetzung.

V. Allerdings ist die scheinbare Vergrösserung dieser glänzenden Körper nicht immer dieselbe; ob übrigens obiges die Ursache dieser Verschiedenheit sey, will ich nicht entscheiden. Beym Mond ist überhaupt das Phänomen nur dann auffallend, wenn er voll ist. Auch die Beschaffenheit des Dunstkreises mag mit zu der Verschiedenheit beytragen. Vielleicht scheinen die Körper bey einem durch Dünste mehr geschwächten Glanze größer als bey reinerer Luft, die das Licht weniger mindert. Wir sind indessen mit allen diesen Bedingungen, wodurch entweder der Sehewinkel selbst, oder unser Urtheil abgeändert wird, noch eben nicht aufs Reine. Der große Euler scheint die Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizonte auch der weiter geschätzten Entfernung zuzuschreiben; dies letztere aber will er nicht von der Wahrnehmung oder Vorstellung vieler hinter einander liegenden Distanzen, sondern lieber von dem geschwächten Glanze allein ableiten. Daß nicht die Menge von Gegenständen einen Raum vergrößere, davon führt er als Beyspiel ein Zimmer

mer an, welches leer größer scheine, als wenn es mit Hausrath besetzt wäre. Dies scheint mir doch nicht zu passen. Die Dimensionen auch des größten Saales übersehen wir, ohne hinter einander liegende Gegenstände zu Hülfe zu nehmen. Aber um bey dem architektonischen Beyspiele zu bleiben, bey sehr langen Gebäuden, wie Reitbahnen, Exercirhäusern, Ziegelscheunen, Gradirwerken, wird man es gerade bestätigt finden, daß sie mit Säulenreihen und Balken länger scheinen, als mit glatten Wänden und Dekken. — Wenn der verminderte Glanz der Grund wäre, warum wir die Sonne im Horizont weiter und größer sehen, müßte sie an trüben Tagen, wo sie nicht selten mit noch schwächerem Lichte, als beym Untergange durch Dünste sichtbar ist, wenn sie hoch am Himmel steht, ebenfalls größer scheinen, was doch, so viel ich bemerkt habe, nicht so ist.

Ueberdem würde dieser Grund immer nur bey Sonne und Mond selbst anwendbar seyn, aber die allgemein scheinbare Vergrößerung der Abstände am Horizont ließe sich nicht daraus herleiten.

W. Ich kann mir nun auch erklären, warum die Sonne, wenn sie aufgeht, so schnell in die Höhe kömmt, und wenn sie untergeht, dem Horizonte zueiler. Sie scheint dann viel geschwinder fortzurücken als oben am Himmel.

V. Allerdings erklärt sich dies nun ganz von selbst, denn ein Grad, um den sie am Horizonte fortrückt, kommt uns wie ein weit längerer Weg vor, als ein Grad näher nach dem Scheitelpunkt zu. Wir mögen uns durch Messung von der wahren Verhältniß zu überführen suchen, so viel wir wollen, die Täuschung bleibt dennoch dieselbe. Dem Auge des Astronomen scheinen die Weiten der Sterne am Horizonte eben so wohl vergrößert, als dem ungeübten Auge des unwissendsten Menschen.

10.

Eine Nadel einzufädeln.

V. Der Sinn des Gesichts ist überhaupt der, welcher uns den meisten Täuschungen aussetzt, wovon ihr, meine Lieben, aus dem Kreise eurer Erfahrungen selbst schon mehrere Beyspiele werdet angeben können. Wir irren uns sehr oft, sowohl in Ansehung der Gestalt, als der Größe, Farbe, des Orts und der Bewegung. Wenn man einen Kreis in einer schiefen Lage sieht, so scheint er eine Ellipse, und nur in der einzigen Linie, die durch seinen Mittelpunkt senkrecht auf seine

Ebene geht, sieht das Auge ihn wirklich als Kreis.

W. Aber doch weiß man es auch in andern Lagen zu beurtheilen, ob er ein Kreis sey oder nicht.

V. Allerdings, obgleich alle Teller, Schüsseln, Gläser, Räder u. s. w. uns meistens elliptisch erscheinen, indem wir uns mit unserm Auge selten in der Axe des Kreises befinden, welchen wir betrachten, so fällt es uns doch deshalb nicht ein, diese Dinge für länglichtrund zu halten, weil wir schon von ihrer kreisförmigen Gestalt überzeugt sind, und sich das Urtheil unserer Seele sogleich mit der sinnlichen Empfindung verbindet. Umgekehrt erscheinen uns oft länglichtrunde Formen wie kreisrunde, und wir beurtheilen sie ganz richtig als länglicht, aus eben dem Grunde. So auch bey geradlinichten Figuren.

W. Aber eine gerade Linie erscheint doch wohl immer als eine gerade Linie.

V. Ja, wenn anders nicht durchsichtige Körper verschiedener Art zwischen ihr und dem Auge sind. Aber in Ansehung ihrer Länge ist die Täuschung desto häufiger, und nicht minder in Ansehung der Winkel, welche zwey gerade Linien mit einander machen. Nehmen wir z. B. eine Stange, wie eine Wagendeichsel, und gehen so auf dieselbe zu, daß wir uns in ihrer verlängerten Richtung befinden, so sehen wir von ihrer ganzen Länge wenig oder (wenn sie mit dem Auge noch dazu in einerley Höhe ist) gar nichts. Man

kann daher leicht gegen eine solche entgegenstehende Deichsel anrennen, zumal in der Dämmerung, obgleich man den Wagen noch sehr gut sieht, wie denn wirklich schon mehr als Einer sich auf diese Weise einen gefährlichen Stoß zugezogen hat.

W. Daraus erklärt sich denn wohl auch das Kunststück, was mir neulich Jemand aufgab. Nemlich, man steckt einen Stock horizontal, ungefähr in der Höhe des Auges irgendwo ein, oder ein Anderer hält ihn in dieser Lage. An dem vordern Ende hängt ein Ring, und man soll nun mit einem rechtwinklicht gebogenen Stabe diesen Ring seitwärts abstechen, indem man gerade auf den Stab mit einem verschlossenen Auge zugeht. Ich habe es mehreremale versucht, ehe ich es traf. Es war so, wie ich es Ihnen hinzeichne.

V. Etwas ähnliches erfährt man sogar bisweilen, wenn man eine Nadel einfädelt.

Wenn man eine Nadel einfädelt? wiederholte Caroline, die sich darin ziemlich fertig dünkte.

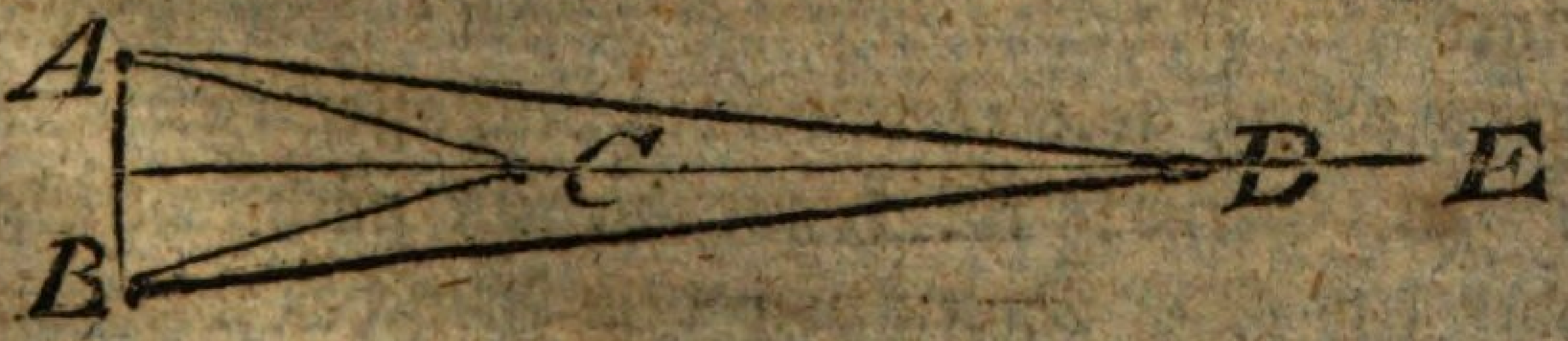
V. Versuche es nur einmal unter den Bedingungen, die ich dir dabey angeben werde, und ich wette zehn gegen eins, daß

daß du es unter zehnmal nicht einmal treffen wirst.

Das Experiment war bald gemacht. Caroline hatte, als eine fleißige Nähterin, Nadel und Zwirn bey der Hand, sie mußte nun die Nadel so in die linke Hand nehmen, daß sie dieselbe der Länge nach gegen das Auge richtete. Schon mit beyden offenen Augen hielt es schwer; wenn sie aber vollends das eine Auge zumachte, so hätte sie es eben so gut, fast in völliger Finsterniß oder mit beyden verschlossenen Augen thun können. Der Faden gieng immer die Nadel, vorbey; auch sogar, wenn sie die Nadel, wie gewöhnlich, nicht der Länge nach gegen das Auge richtete, sondern so hielt, daß sie ihre ganze Länge übersehen könnte. Traf es endlich, so war es mehr durch Hülfe des Gefühls als des Gesichts.

Woher mag es denn kommen, daß man mit einem Auge noch schwerer dazu gelangt? frug Wilhelm.

V. Daher, weil wir bey solchen kleinen Entfernungen die Richtung der beyden Augen auf den Punkt, den man treffen will, als ein Mittel zur Bestimmung der Entfernung gebrauchen können.



Stellt euch vor, daß in den Punkten A und B die beyden Augen in C und D zwey Gegenstände in verschiedenen Entfernungen sind. Die Augen müssen nun auf C weit mehr gegen einander gedeckt werden, als auf D, wo ihre Axen verlängert zusammenstoßen, um diesen Punkt deutlich zu sehen. Aus langer Erfahrung beurtheilen wir nun aus dem Gefühl der größeren oder geringeren Drehung des Auges, ob ein Gegenstand näher oder weiter von uns ist. Man nennt den Winkel, den zwey Linien aus zwey Standpunkten nach einem Gegenstande, oder eigentlich nach einem Punkte eines Gegenstandes daselbst mit einander machen, die Parallaxe. Dieser Winkel wird in der praktischen Geometrie und Astronomie oft zur Bestimmung der Entfernungen gebraucht. Hier bey kleinen Entfernungen vertreten die beyden Augen die Stelle zweyer verschiedenen Standpunkte, und das Gefühl in den Augenmuskeln vertritt einigermaaßen die Stelle der Rechnung. Ihr werdet es selbst bemerken, daß ihr eure Augen anders richtet, wenn ihr sie auf das entfernte Fenster, als wenn ihr sie auf den nahen Finger richtet.

W. Wollten Sie uns nicht einmal ein Auge eines geschlachteten Thieres zeigen? Ich möchte gern wissen, wie es inwendig beschaffen ist.

V. Gerne! ihr könnt mir nur nächstens ein oder ein paar Augen von dem Fleischer mitbringen, so werde ich eure Neugierde befriedigen.

Der innere Bau des Auges ist so künstlich und absichtsvoll, wie alles übrige an dem menschlichen und thierischen Körper.

11.

Experiment mit den Augen.

W. Indem ich da jetzt eben den Versuch mache, den Sie erwähnten, nämlich indem ich den Finger vor dem Gesichte hielt, und nach dem entfernteren Fenster sah, bemerkte ich, daß mir der Finger, auf den ich meine Augen nicht gerichtet hatte, doppelt erschien.

V. Die Bemerkung ist vollkommen richtig; du wirst dasselbe im umgekehrten Falle wahrnehmen, nämlich wenn du auf den nahen Finger siehst, so werden dir die entfernteren Fenstersprossen, auf welche du deine Augen nicht richtest, ebenfalls doppelt erscheinen. Aber einen merkwürdigen Umstand scheinst du doch noch nicht dabey bemerkt zu haben.

Wenn du auf den näheren Finger deine Augen richtest, und der entfernte Gegenstand sich verdoppelt, so halte einmal das rechte Auge zu, was bemerkst du nun?

W. Wenn ich das rechte Auge verdecke, so verschwindet das Bild zur rechten Seite, und wenn ich das linke verdecke, so verschwindet das Bild auf der linken Seite.

V. Nun aber den Versuch umgekehrt! auf den entfernteren Gegenstand gesehen, so daß sich der nähere verdoppelt; wie ist die Erscheinung jetzt?

W. Nun ist es gerade umgekehrt; wenn ich das rechte Auge verdecke, so verschwindet das Bild auf der linken Seite, und wenn ich das linke Auge zudecke, so verschwindet das Bild auf der rechten Seite. Das ist besonders: wie erklärt sich das?

V. Erinnere mich nachher daran, wenn ich euch den inneren Bau des Auges gezeigt habe, dann werde ich es euch deutlicher erklären können, als jetzt.

W. Ich werde es gewiß nicht vergessen.

V. Indeß aber braucht ihr das Experiment nicht gerade oft zu wiederholen; denn besonders das Sehen auf sehr nahe Gegenstände ist dem Auge in mehr als einer Hinsicht schädlich, worüber ich auch noch nähere Erläuterungen geben werde, wenn wir das Auge eines Thieres zergliedern. Die Organe des Gesichts sind so fein und so nothwendig, daß man sich in eurem Alter nicht sorgfältig genug gegen Verwöhnung und Beschädigung derselben verwahren kann. Behaltet ja die Warnung, die ich euch schon

sonst

sonst gegeben habe; seht beym Lesen, Schreiben und Zeichnen nicht zu nahe auf das Papier, sondern haltet den Kopf immer so weit ihr könnt, und so viel möglich in gerader Stellung davon. Leset, und besonders zeichnet nicht in der Dämmerung, oder gar bey Mondschein, und eben so wenig im Sonnenschein, wo das Sonnenlicht auf das Papier selbst fällt. Uebet euch fleißig entfernte Gegenstände deutlich zu sehen, und waschet eure Augen oft, besonders des Morgens, mit frischem Wasser, damit ihr für eure künftige Lebenszeit diese kostbaren Werkzeuge in dem vollkommenen Zustande erhaltet, worin die gütige Natur sie euch gab.

W. Ich kann Gottlob gut sehen, und will mich gewiß in Acht nehmen, meine Augen nicht zu verderben; ich habe schon Knaben gesehen, die nicht älter waren als ich, und schon eine Brille brauchten, wenn sie auf zehn Schritte weit einen Menschen erkennen wollten.

V. Manche junge Leute, besonders in grossen Städten, suchen auch etwas darin, immer ein Glas vor die Augen zu halten, und sich das Ansehen eines Fehlers zu geben, von dem so Mancher, der ihn wirklich hat, gerne befreyt wäre. Uebrigens ist auch für den, der wirklich nicht weit sehen kann, der zu häufige Gebrauch eines Glases schädlich, er verdirbt seine Augen noch mehr dadurch. Ich werde euch in der Folge noch darüber einige Erläuterung geben. In der

Jugend kann man sich, wie in andern Dingen, so auch im Gebrauch des Gesichtsorgans üben. Schon das Sehen selbst ist Sache der Uebung, nämlich das richtige Sehen auf einen bestimmten Punkt nach Willkühr, mit ungefährer Beurtheilung seiner Lage gegen unser Auge und gegen andere Dinge. Das Kind in den ersten Tagen seines Lebens sieht eigentlich noch nicht, in diesem Sinne; sondern es lernt erst nach und nach sehen.

Also haben wir alle auch das Sehen erst gelernt! riefen die Kinder. Das besinnen wir uns doch gar nicht mehr.

V. Freylich habt ihr keine Anweisung dazu erhalten und keiner bedurft; in diesen Fertigkeiten ist die Natur selbst glücklicherweise unsere Lehrerin. Aber so wenig als ihr in den ersten Tagen und Wochen nach eurer Geburt etwas greifen und festhalten konntet, eben so wenig waret ihr im Stande, eure Augen auf einen Gegenstand nach Maaßgabe seiner Entfernung zu richten. Wir können uns zwar nicht mehr auf dieses Sehenlernen besinnen, weil es in die frühesten Zeiten unsers Daseyns fällt, wovon wir keine Erinnerungen haben; aber Einer, der das Unglück gehabt hätte, von Jugend auf blind zu seyn, oder dem man von der ersten Kindheit an die Augen verbunden hätte, und dem nun auf einmal in seinem reiferen Alter der Gebrauch des Gesichts wieder gegeben würde, ein solcher würde

uns ohne Zweifel sagen können, wie es ihm mit dem Sehen ergangen sey, und wie er es nach und nach erlernt habe. Es ist noch zu wenig, über diese interessanten Fälle beobachtet worden. Sie kommen ziemlich selten vor, und es trifft sich nicht gerade immer, daß ein Physiker und Psycholog einen solchen mit dem Gesicht beglückten Menschen fortgesetzt beobachten kann. Eine oft erzählte Geschichte dieser Art kann ich euch mittheilen, wenn ihr Lust habet, sie zu hören.

O ja! wir bitten darum. Wir können uns vorstellen, was das für eine Freude seyn muß, wenn einer, der blind war, auf einmal sehen kann.

V. Schwerlich können wir uns die Empfindungen eines solchen Menschen, dem mit einmal ein neuer Sinn, also eine neue Welt aufgeht, richtig vorstellen, und schwerlich wird er selbst sie uns beschreiben können; indessen wird es immer interessant genug seyn, zu hören, was er selbst und Andere, die ihn beobachtet haben, darüber sagen. Wilhelm soll es uns vorlesen.

12.

Eine Geschichte von einem Blinden.

Ein junger Mensch in England, hatte von Kindheit an auf beyden Augen den Staar gehabt, und wurde in seinem dreyzehnten Jahre durch die geschickte Hand eines Augenarztes, Cheselden, glücklich davon befreyt. Er war zwar nicht so durchaus aller Empfindung von Licht beraubt gewesen, wie es Jemand ohne Zweifel seyn muß, dem die Augen ausgestochen sind, oder wie wir mit völlig verbundenen oder verklebten Augen oder in einem völlig finstern Zimmer. Bey sehr lebhaftem Lichte konnte er noch Unterscheid der Farbe bemerken, aber die Formen der Gegenstände gar nicht unterscheiden. Aber auch selbst seine Begriffe von Farben waren so schwach, daß er, nachdem ihm der Staar gestochen war, sie nicht mehr kannte, und nicht für dieselben hielt, die er vorher unter dem Namen gekannt hatte. Scharlach schien ihm die schönste unter allen Farben, und die lebhaftesten unter den übrigen gefielen ihm am besten. Da er zum erstenmale schwarz sah, war es ihm sehr zuwider, doch nach einiger Zeit ließ er es sich gefallen; als er aber

aber einige Monate hernach eine Mohrin zu sehen bekam, erschrack er gewaltig.

Als er zuerst sah, wußte er so wenig von den Entfernungen zu urtheilen, daß er sich einbildete, alle Sachen, die er sähe, berührten seine Augen, wie das, was er fühlte, seine Haut. Keine Sachen waren ihm so angenehm als glatte und ordentliche, ob er wohl von ihrer Gestalt nicht urtheilen noch errathen konnte, was ihm in einer Sache gefiele. Er kannte von keiner Sache die Gestalt, er unterschied auch keine Sache von der andern, sie mochten noch so verschiedene Gestalt und Größe haben, sondern wenn man ihm sagte, was das für Sachen wären, die er zwar durch das Gefühl erkannt hatte, betrachtete er sie sehr aufmerksam, um sie wieder zu kennen; weil er aber auf einmal zu viel neue Sachen lernen mußte, vergaß er immer wieder welche, und lernte, wie er sagte, in einem Tage tausend Dinge kennen, die er auch wieder vergäße. So hatte er zum Beyspiel schon oft vergessen, welches die Katze, und welches der Hund wäre, und schämte sich immer wieder von neuem danach zu fragen; er fieng also die Katze, die er durchs Gefühl kannte, betrachtete sie sehr genau, setzte sie nieder, und sagte: so Miezchen, ein andermal will ich dich kennen. Er verwunderte sich sehr, daß die Sachen, die ihm angefühlt am besten gefallen hatten, nicht auch seinen Augen am angenehmsten vorkamen. Er hatte erwartet, die Per-

Personen, denen er am meisten gewogen war, würden am schönsten aussehen, und was ihm am besten schmeckte, würde auch dem Gesichte am angenehmsten seyn. Man glaubte, er würde sogleich wissen, was Gemählde, die ihm gezeigt wurden, vorstellten; dies fand sich aber ganz anders. Es vergiengen zwey Monate, nachdem ihm der Staar gestochen war, bis er auf einmal die Entdeckung machte, daß auf den Gemählden Körper, Erhöhungen und Vertiefungen vorgestellt wären, und nun erstaunte er nicht wenig, daß sich diese Figuren nicht auch für das Gefühl auszeichneten, und daß die Theile, die durch Licht und Schatten uneben, rund u. s. w. aussahen, sich alle flach, wie das übrige, anfühlten. Er fragte, welcher von beyden Sinnen ihn betrüge, das Gefühl oder das Gesicht?

Als man ihm seines Vaters Bild in einem Angehänge an seiner Mutter Uhr zeigte, und ihm sagte, wer es wäre, erkannte er es für ähnlich, wunderte sich aber, daß man ein großes Gesicht in einem so kleinen Raume vorstellen könne, welches ihm, wie er sich ausdrückte, eben so unmöglich würde geschienen haben, als einen Scheffel in eine Metze zu bringen.

Anfangs konnte er wenig Licht vertragen, und hielt alles, was er sahe, für ungemein groß; als er aber größere Sachen sahe, hielt er jene für kleiner. Er konnte sich gar keine Linien außerhalb den Gränzen, die er sah, vorstellen. Er sagte zum

Beyspiel:

Beyspiel: er wisse zwar, daß das Zimmer, in dem er sich befände, ein Theil des Hauses sey; aber er könne nicht begreifen, wie das ganze Haus größer aussehen könne als das Zimmer.

Ehe ihm der Staar gestochen wurde, versprach er sich eben keinen Vortheil von der Operation, weshalb es der Mühe werth seyn würde, sich derselben zu unterwerfen, außer Lesen und Schreiben; denn, sagte er, beym Spatzieren im Garten (welches er auch in seiner Blindheit ohne Anstoß thun konnte) würde er wohl nicht mehr Vergnügen als jetzt genießen können. Seine Blindheit hatte ihm den Vortheil gebracht, daß er auch nachher im Finstern viel besser im Hause herumgehen konnte, als einer, der beständig den Gebrauch des Gesichts gehabt hat. Er behielt diesen Vorzug noch lange, und verlangte selten ein Licht, um bey Nacht herumzugehen.

Jede neue Sache, sagte er, wäre ein neues Vergnügen für ihn. Seine Dankbarkeit gegen den, der ihm das Gesicht wieder verschaft hatte, war außerordentlich; er konnte ihn nicht ohne Freudenthränen und ohne die lebhaftesten Beweise seiner Zuneigung ansehen.

Ein Jahr, nachdem er sein Gesicht wieder hatte, brachte man ihn auf die Dünen von Epsom, wo er eine weite Aussicht hatte: diese entzückte ihn sehr, und war, wie

wie er sagte, für ihn eine neue Art von Sehen.

Der Staar war ihm zuerst an dem einen, und erst einige Zeit nachher an dem andern Auge, gestochen worden. Nach der letzteren Operation bemerkte er, daß ihm die Gegenstände, mit dem nun wiederhergestellten Auge, größer erschienen, als mit dem ersten, doch wären sie ihm anfangs mit diesen noch größer vorgekommen. Wenn er einerley Sache mit beyden Augen ansahe, so kamen sie ihm, wie er sagte, etwa noch einmal so groß vor, wie mit dem zuerst geheilten Auge allein; aber doppelt sahe er nichts, so viel man merken konnte.

Der Arzt Cheselden erzählt, daß er mehreren Blinden zu ihrem Gesichte verholfen habe, und daß sie sich über die Art, wie sie das Sehen erlernten, im Wesentlichen alle auf gleiche Art geäußert hätten.

13.

13.

Ein merkwürdiger Blinder.

Es ist doch ein großes Glück, rief Wilhelm aus, nachdem er diese Geschichte gelesen hatte, wenn man seine gesunden Augen hat!

V. So wie überhaupt, wenn man seine gesunden Glieder und Organe hat. Ihr könnt dem gütigen Schöpfer nicht genug dafür danken; und auch euren Müttern und Wärterinnen seyd ihr Dank schuldig, daß sie euch in eurer Kindheit vor den Unfällen in Acht genommen, wodurch ihr hättet Schaden leiden können. Wenn ihr lustig herumspringt, so denkt, wie leicht ein unglücklicher Fall euch ein Auge kosten, einen Arm, ein Bein brechen kann.

W. Unter allen Sinnen möchte ich doch das Gesicht am wenigsten entbehren.

V. Darin wird wohl im Allgemeinen Jeder deiner Meynung seyn, doch weiß man, wenn man darüber nachdenkt, kaum, welches von beyden, das Gesicht oder das Gehör, uns am schwersten zu entbehren sey. Dem Blinden ersetzt grössere Feinheit der übrigen Sinne zum Theil den

Mangel

Mangel des Gesichts; Gehör und Gefühl vertreten bey ihm gewissermaaßen die Stelle der Augen, und es verdient Bewunderung, wie weit es der Mensch durch Uebung darin bringen kann. Sogar weiß man ein Beyspiel, daß ein Blinder als Lehrer seinen sehenden Schülern Unterricht in der Optik, das heißt, in der Lehre vom Sehen, ertheilt hat.

W. Wie wäre das aber möglich?

V. Es muß doch möglich seyn, denn die Sache ist wirklich so. Auch läßt es sich begreifen: denn die Optik ist eigentlich nichts als Geometrie, auf Licht angewandt. Alles ist darin Zahl, und Linie, und Winkel. Mithin, wenn unser Blinder von diesen Größen Begriffe hatte, so konnte er im Stande seyn, auch die Sätze der Optik zu verstehen, und sie andern vorzutragen. Immer ist es indeß zu bewundern, daß ein Blinder es in der Mathematik so weit bringen konnte, wie dieser.

W. Wer war denn der merkwürdige Mann?

V. Er war ein Engländer. Er hieß Saunderson; er wurde im Jahr 1682, zu Thurleston in Yorkshire geboren, wo sein Vater ein Zollbedienter von geringem Vermögen war. Im ersten Jahre seines Alters verlohr er durch die Blattern das Gesicht gänzlich, so daß man nichts als die Augenhöhlen sahe. Er wurde in die Schule geschickt, und lernte daselbst die Anfangs-

fangsgründe der lateinischen und griechischen Sprache. Zu Hause bekam er Unterricht im Rechnen.

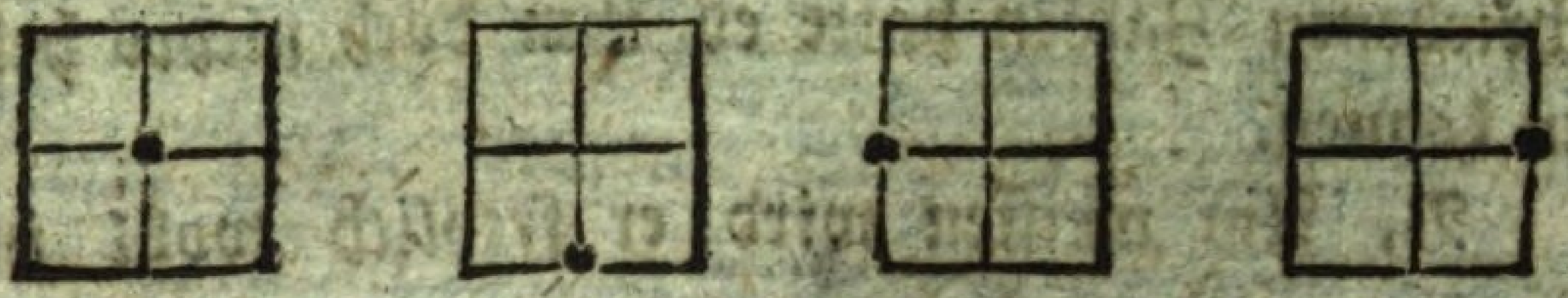
W. Im Kopfrechnen also, denn mit geschriebenen Zahlen hätte es ihm doch nichts helfen können.

V. Am meisten wird er freylich wohl im Kopfe gerechnet haben, worin man es in der Jugend sehr weit bringen kann, wenn man sich fleißig übt. Saunderson hatte sich aber auch ein Mittel ausfindig gemacht, die Finger statt der Augen zu gebrauchen, und durch das Gefühl zu rechnen.

W. Vermuthlich mit Rechenpfennigen auf einem Rechenbrette, wovon Sie uns einmal beym Unterricht im Rechnen erzählten, daß man sich ehemals damit beholfen habe, als man noch nicht schreiben konnte, und daß es noch jetzt in einigen Gegenden von Asien im Gebrauch sey.

V. Nicht durch Rechenpfennige, aber durch etwas ähnliches. Er hatte nämlich kleine quadratförmige Täfelchen, auf welchen zwey Linien sich in der Mitte rechtwinklicht durchkreuzten. Hierdurch entstanden am Umfange acht, und in der Mitte ein, überhaupt also neun Durchschnittspunkte. Jedem dieser Punkte legte er nun den Werth einer Ziffer bey, wenn er eine Stecknadel hinein steckte, und so konnte er durch mehrere solche neben einander gelegte Täfelchen die Zahlen,

wie mit Ziffern ausdrücken. So würde er zum Beyspiel sein Geburtsjahr 1684. durch vier Täfelchen so bezeichnet haben:



1 6 8 4

W. Das scheint mir doch ein langweiliges Rechnen zu seyn.

V. Freylich für einen Sehenden; auch glaube ich, Saunderson wird sich ihrer wohl nur im Anfange bedient haben. Bey weitläuftigen Aufgaben wird ihm seine Einbildungskraft und sein Gedächtniß wohl bessere Dienste geleistet haben, als seine Täfelchen. Er erfand sich dazu ganz eigene Regeln. Ein reicher Engländer Richard West, der Liebhaber der Mathematik war, und an Saunderson ein glückliches Genie entdeckte, unterrichtete ihn in der Geometrie und Algebra, worin er bald solche Fortschritte machte, daß er sich mit Hülfe eines Vorlesers selbst weiter half. Im Jahr 1707. wurde er auf der Universität Cambridge als Lehrer der Mathematik angestellt, und hielt Vorlesungen über des großen Newtons Schriften, und wie ich schon vorhin bemerkte, auch über die Optik.

Die

Die Feinheit seines Gefühls war außerordentlich groß. Er war im Stande, es zu sagen, wenn ihm etwas nahe vor das Gesicht gehalten wurde, wenn er nahe an eine Mauer kam, oder vor einem Baum vorbeygieng, u. s. w. Er konnte ächte Münzen von unächten, welche sehr genau nachgemacht waren, unterscheiden. Obgleich er die geringsten Unebenheiten einer Fläche bemerkte, so konnte er doch keine Farben durch das Gefühl erkennen, welches man von einigen Blinden behauptet hat. Sein Gehör war nicht minder fein als sein Gefühl. Wenn er Jemanden einmal hatte reden gehört, so erkannte er ihn nach langer Zeit an der Sprache. Aus dem Schalle bestimmte er die Größe eines Zimmers; die Entfernung einer Wand, und wenn er einmal über einen gepflasterten Hof gegangen war, so wußte er, wenn er wieder an den Ort kam, aus dem Schalle seiner Tritte, an welcher Stelle er sich befände. Er starb 1739. den 19. April, und hinterließ mehrere Schriften, welche nach seinem Tode gedruckt sind, unter andern eine ausführliche Algebra. Schade um einen so außerordentlichen Mann, wenn es wahr ist, was man ihm Schuld giebt, daß er auch zugleich etwas unordentlich gewesen sey. Möchten doch Talent und Tugend immer zusammen seyn!

W. Wie es aber nur möglich ist, daß ein Blinder eine Algebra ausarbeiten kann?

V. Freylich bewundernswürdig! Doch ist Saunderson nicht der einzige, der es that; der große Euler, dessen Namen ich euch gewiß schon genannt habe —

W. O ja! Sie nannten ihn, als Sie von der scheinbaren Entfernung der Körper am Horizonte redeten.

V. Der große Euler also hatte in seinen spätern Jahren auch das Schicksal, den Gebrauch des Gesichts durch den Staar zu verlieren. Das eine Auge verlohr er schon in seinen früheren Jahren durch ein Geschwür. Während seiner Blindheit arbeitete er dennoch schwere mathematische Aufsätze aus, und dictirte unter andern seinem Schreiber, der ein Schneider von Profession war, eine vollständige Anleitung zur Algebra in die Feder, welche, wie alle die sehr zahlreichen Schriften, die er hinterlassen hat, vortreflich ist. Ich weiß nicht, ob es nicht eben so sehr zu bewundern ist, wenn ein Mann, der von Jugend auf gewohnt war, zu sehen, als wenn einer, der von Kindheit auf blind war, ein solches Werk ausführt. In Ansehung des Charakters und des Umfangs von Thätigkeit ist übrigens Euler mehr unserer Bewunderung werth, als der Engländer Saunderson.

14.

Eine kleine Schiffahrt.

Wenn wir doch heute einen Spatziergang an die Elbe machten! riefen Wilhelm und seine Freunde.

V. Und warum denn gerade an die Elbe?

W. Es sollen Schiffe da liegen, welche mit Getraide fortfahren, wir möchten das gerne mit ansehen.

Der Wunsch wurde ihnen gewährt. Einige Schiffe waren noch nicht geladen, andere waren schon im Begriff abzusegeln. Das lebhafte Schauspiel machte den jungen Freunden viel Vergnügen.

Ein Wunsch kommt selten allein, es kettet sich einer an den andern. — Wir möchten, hieß es nun, gar zu gerne auch auf ein Schiff steigen, und eine Strecke mit fortsegeln.

V. Auch das Vergnügen will ich euch machen, aber nicht lange, denn es ist schon gegen Abend.

Wer war froher, als unsere junge Gesellschaft. Ein Elbkahn war ihnen ein Linienschiff, sie konnten sich nicht satt daran sehen, und darauf herum

herum laufen. Das Seegel war aufgespannt und die Schiffsleute erinnerten sie, sich in die Cajüte zu setzen, um nicht auf dem Verdecke im Wege zu seyn.

Hier saßen sie und warteten auf das Absee- geln. Wenn es nur erst fortgienge, sagte Wil- helm endlich, sonst wird es zu spät, und wir werden, ohne eine Schiffahrt gemacht zu haben, wieder ans Land steigen müssen.

Sieh einmal aus dem kleinen Fenster hinaus, sagte sein Vater.

Wilhelm sah hinaus, aber wie wunderte er sich, da er nun merkte, daß es gleichsam schon im Fluge davon gieng.

Was ist das! rief er, wir glaubten Alle, das Schiff läge noch stille, und es fährt ja schon so schnell davon. Die übrigen wollten es nicht glauben, bis sie auch sich durch den Augenschein davon überzeugten. Wenn sie wieder in der Ca- jüte sich hinsetzten, so daß sie nicht hinaus se- hen konnten, so war es wieder, wie wenn das Schiff stille läge, und die Täuschung war so voll- kommen, daß sie sich nicht vom Gegentheil über- reden konnten, bis sie das Fenster oder die Thür öffneten.

Seht, wie die Bäume uns entgegen kom- men, und bey dem Schiffe vorbeysteigen! rief der Eine.

Aber der Mond geht immer mit uns! bemerkte der Andere.

Alle

Alle aber fanden eine Fahrt in einem Schiffe außerordentlich angenehm, man könnte da, sagten sie, sich gleichsam in Bewegung oder in Ruhe versetzen, je nachdem man außer oder in der Cajüte sey; und über das vollkommen scheinbare Stillestehen im letzteren Falle konnten sie sich nicht genug verwundern.

Wie das nur zugehen mag!

V. Ganz begreiflich! Wenn sich ein Körper bewegt, was geschieht dann mit ihm?

Er kömmt von der Stelle weg, wo er war, er kömmt von einem Ort zum andern.

V. Woran merkt ihr das aber, wenn ein Körper von einem Ort zum andern gekommen ist?

Das kann man ja sehen! antwortete Einer.

Auch wohl hören und fühlen, setzte ein Anderer hinzu.

V. Nicht immer! Wenn man es nun aber sieht; so geschieht es doch wohl ohne Zweifel dadurch, daß man sich den Ort merkt, den der Körper zuerst annahm, und Achtung giebt, ob er sich von diesem Orte entfernt.

W. Aber mich deucht, man sähe die Bewegung auch wohl bloß dadurch, daß ein Gegenstand größer oder kleiner wird, zum Beyspiel, wenn ich in einer Allee einen Menschen auf mich zukommen sehe, so sehe ich ihn nach und nach größer und deutlicher.

V. Daraus schließen wir denn, daß er sich gegen uns bewegt habe, das ist richtig, aber eigentlich sehen wir die Bewegung nicht. Letzteres geschieht immer dadurch, daß wir die Lage eines Gegenstandes gegen uns und andere Gegenstände verändert finden. Da können denn nun aber Täuschungen auf mehr als eine Art statt finden.

So der Fall, in dem wir uns hier in der Cajüte befinden. Das Schiff bewegt sich und zwar mit beträchtlicher Schnelligkeit, wie ihr nun wohl selbst euch überzeugt habt. Demungeachtet merken wir hier in diesem eingeschlossenen Raum keine Bewegung, weil wir keine Gegenstände sehen können, gegen welche das Schiff seine Lage verändert. Auch gegen unsern eignen Körper verändert er seine Lage nicht. Die vorwärtsgehende Bewegung fieng so langsam an, daß sie unserm Körper unvermerkt in eben dem Maaße mitgetheilt wurde; von dieser empfinden wir also gar nichts. Das sanfte Wiegen von einer Seite zur andern bringt in uns nicht die Vorstellung des Fortrückens hervor, es findet auch statt, wenn das Schiff auf einer Stelle liegen bleibt. Alle Gegenstände, die uns hier in der Cajüte umgeben, bleiben gegen uns und gegen einander in derselben Lage, wie in einem Zimmer, woher sollten wir also Bewegung empfinden? Das Schiff könnte auch umgewendet werden, und wir könnten mit demselben wider den Strom hinauffahren,

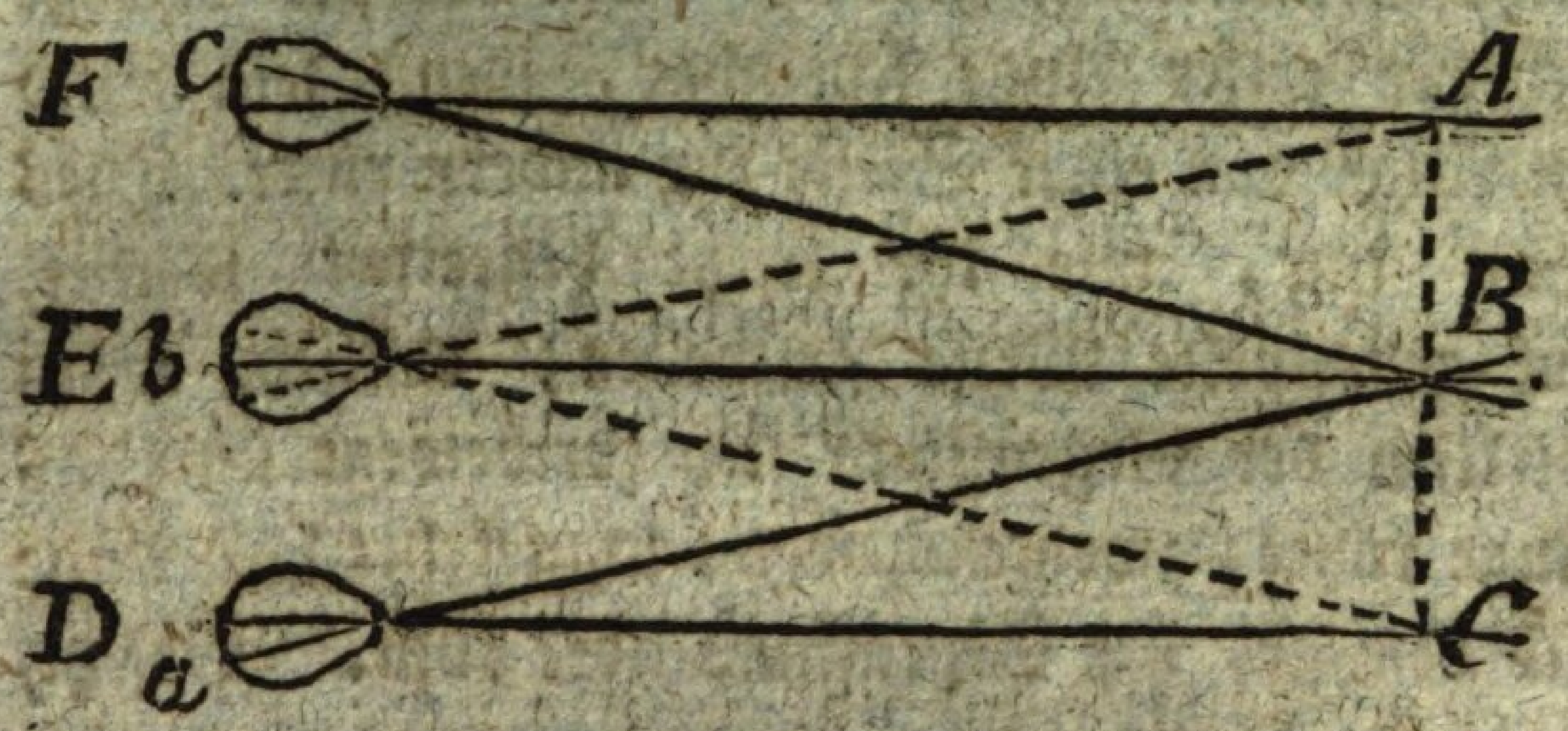
fahren, ohne daß wir es bemerkten, wenn wir nicht auf äußere Gegenstände sehen könnten.

Nur dann erst sehen wir das schnelle Fortrücken, wenn wir nach dem Ufer sehen; und auch dann tritt wieder eine neue Täuschung ein, die uns nicht so vollkommen und leichter zu überwinden ist als die erste. Ihr bemerktet sie vorhin schon selbst. Die Bäume, sagtet ihr, scheinen uns entgegen und vorbey zu eilen, der Mond am Horizonte aber scheint immer mit uns zu gehen. Wir empfinden die Gegenstände durch äußerst feine Bilder auf dem Grunde des Auges. (Künftig wenn ich euch das Inwendige dieses künstlichen Organs zeigen werde, will ich euch hievon mehr Erläuterung geben.) Ein Körper bewegt sich für unser Auge scheinbar, wenn sein Bild im Auge von einer Stelle zur andern rückt. Dies kann nur, wie ihr leicht begreifen werdet, auf gedoppelte Weise geschehen; erstlich, wenn wirklich der Gegenstand sich fortbewegt und das Auge ruhet; zweytens, wenn umgekehrt das Auge sich bewegt, der Gegenstand aber ruht. Gesetzt, in dieser Figur,

die

die ich euch hier hinzeichne, kämen die Strahlen von irgend einem Gegenstande, der sich zuerst in A befindet, bey O in das Auge, so bildet sich derselbe in a auf dem Grunde des Auges ab. Das Auge sey nun wirklich in Ruhe, der Gegenstand aber bewege sich von A durch B nach C, so wird sein Bild im Auge in entgegengesetzter Richtung den Raum a, b, c durchlaufen, und hiedurch empfinden wir eben die Bewegung des Gegenstandes.

Nun aber wollen wir auch den entgegengesetzten Fall durch eine Zeichnung darstellen, wenn nämlich das Auge sich bewegt, und der Gegenstand ruht.



Gesetzt also, das Auge sey zuerst in D, und bewege sich von D durch E nach F. Der Gegenstand aber stehe ruhig in B. Wenn nun das Auge noch in D ist, wo wird dann das Bild des Gegenstands im Auge hinfallen?

W. in den Punkt a.

V. Und

V. Und wie weiter?

W. Indem das Auge nach E rückt, kömmt das Bild nach b, und wenn jenes nach F kömmt, so kömmt das Bild nach c.

V. Ihr seht also, daß das Bild im Auge jetzt, eben so wie vorhin, a, b, c durchläuft, gerade wie wenn das Auge in E geruhet, hingegen das Object von A durch B nach C sich bewegt hätte. Wir können also in manchen Fällen ungewiß seyn, ob wir selbst oder Gegenstände außer uns sich bewegen, und oft kann uns das letztere scheinen, obgleich das erstere wirklich ist.

W. Aber beym Gehen und Laufen kömmt es uns doch nicht so vor, als ob die Bäume uns entgegen kämen.

V. Beym Laufen doch auch. Beym Gehen nicht so merklich, weil es langsamer geschieht. Aber die Täuschung ist überhaupt dann nicht auffallend, wenn die Erschütterung jedes Tritts uns an unsere eigene Bewegung erinnert. Weit vollkommener ist sie, wie hier im Schiffe, wenn die Bewegung sanft und doch schnell ist, und wenn wir zunächst mit Gegenständen umgeben sind, die gegen uns in derselben Lage bleiben. Ihr werdet das schon hier bemerken. Wenn ihr das Fenster öffnet, und ohne den Kopf ganz hinauszustecken, nach dem Lande seht, so daß also die nahen Objecte in der Cajüte noch in euer Auge

fallen,

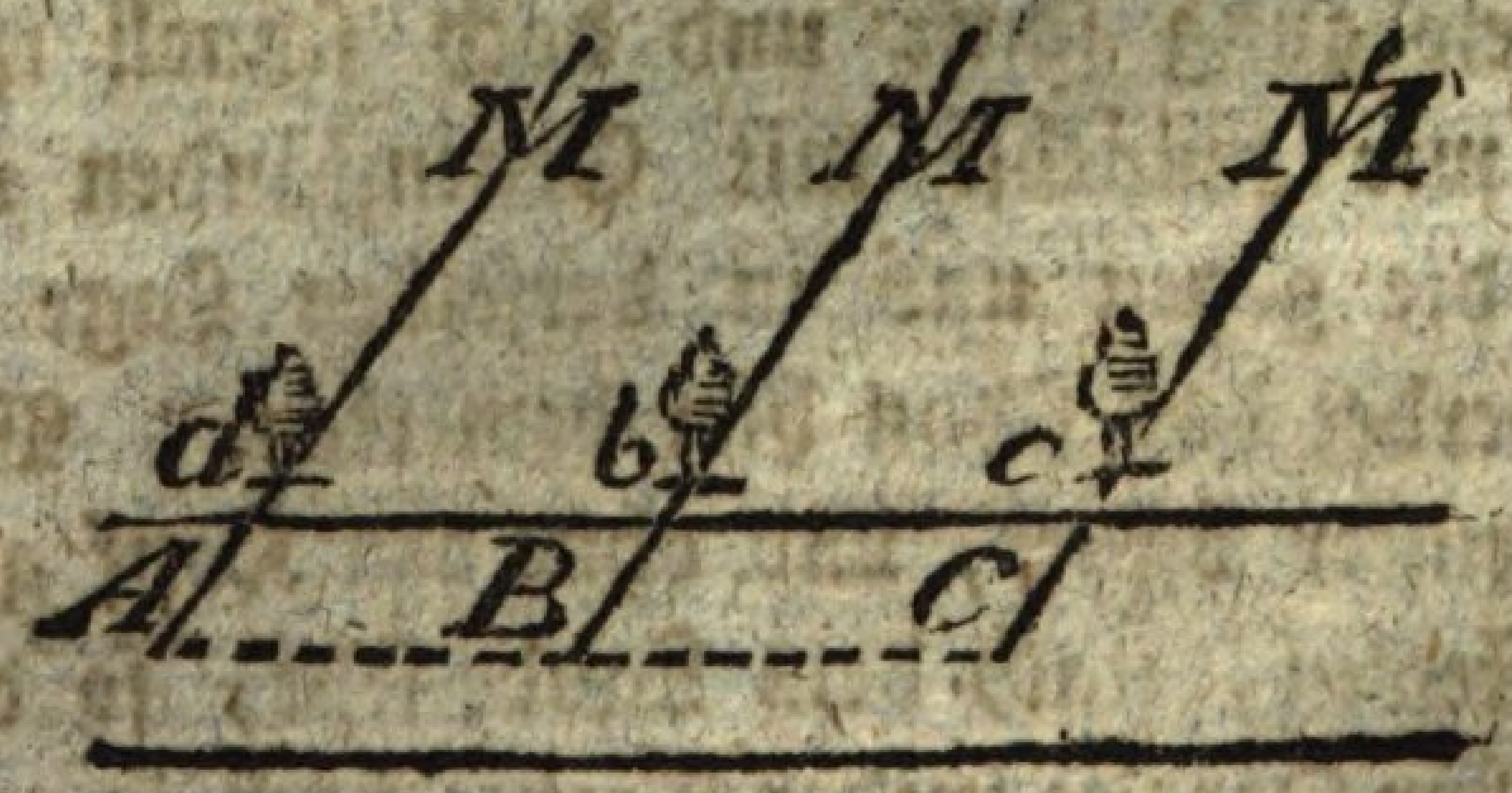
fallen, so ist die Täuschung schon vollkommener.

W. Aber warum scheint der Mond nicht auch uns entgegen zu kommen, und warum scheint dieser vielmehr mit uns vorwärts zu gehen?

V. Der Mond ist so weit von uns entfernt, daß die geringe Weite, durch welche wir uns mit unserm Fahrzeuge bewegen, keine merkliche Aenderung in seiner Lage gegen uns hervorbringen kann. Er scheint uns also nicht entgegen zu kommen, sondern stille zu stehen, wie ihr auch finden werdet, wenn ihr euch so setzt, daß ihr bloß den Mond durch das geöffnete kleine Fenster erblickt, ohne die näheren Gegenstände vom Ufer zu sehen.

Ja! er bleibt immer auf einer Stelle, rief der kleine altkluge Carl, nachdem er sich eine Weile auf den bezeichneten Platz gesetzt hatte.

V. Seht ihr aber zugleich die Bäume, so wird er, gegen diese gehalten, vorwärts zu gehen scheinen.



Wenn

Wenn wir von A aus den Mond hinter dem Baume a nach der Richtung AM sahen, und fahren nun von A nach B, so werden wir ihn jetzt nach der Richtung BM hinter dem zweyten Baum b erblicken. Wie werden aber die Linien AM; und BM gegen einander liegen?

W. Sie gehen beyde nach dem Monde, und dieser ist so weit entfernt, daß der Winkel, unter dem sie da gegen einander laufen, nicht merklich ist; sie sind also als parallel anzusehen. So auch, wenn wir in C den Mond hinter dem dritten Baum c nach der Richtung CM sehen.

V. Ihr begreift also wohl, daß, in so ferne wir nun die Bewegung nicht den Bäumen, sondern unserm Schiffe zuschreiben, der Mond mit uns fortzugehen scheinen müsse. — Aber es wird Zeit seyn, daß wir aussteigen, um nicht zu spät zu Hause zu kommen. Wenn wir noch weiter von diesen Täuschungen sprechen wollen, so kann es unterwegs oder auch in unserm Zimmer geschehen. Wir sind auch da wirklich noch in demselben Falle, wie hier.

15.

Eine Ausschweifung.

W. Sie meynen vermuthlich, wenn wir fortgehen?

V. Nein! auch wenn wir still an unserm Tische, in der Stube, sitzen.

Wie so? frugen Einige, wir fahren doch da nicht fort?

V. Als ihr in der Cajüte saßet, da glaubtet ihr ja auch, ihr führet nicht fort, aber wie war es denn, wie ihr zum Fenster hinaus sahet?

Ja! da waren wir aber doch auf einem Schiffe, und auf dem Flusse und der Wind blies in das Seegel.

V. Wenn ihr aber das alles nicht wußtet, so hättet ihr doch nichts für gewisser gehalten, als daß ihr an einem Orte ruhig bleibet.

Ja freylich, wenn wir das nicht wußten.

V. Und wenn ihr nicht wußtet, daß die Bäume am Ufer fest ständen, so hättet ihr gewiß auch geglaubt, daß sie euch vorbey giengen.

Das könnte wohl seyn!

V. Seht, meine Lieben! wir müssen also nicht alles für wirklich halten, was uns unsere Sinne darstellen. Die Sinne betrügen uns oft, oder wenn man lieber will, nicht die Sinne, sondern die Seele betrügt sich, wenn sie den Schein für Wahrheit nimmt. Ich sagte: wir sind in unserm Zimmer noch in dem nämlichen Falle, wie dort auf dem Flusse, und in der That ist nichts wahrer als das. Die ganze Erde, worauf wir mit so vielen Millionen lebendiger Geschöpfe eine Zeitlang wohnen, ist das große Schiff. Es schwimmt und wälzt sich in dem unendlichen Meere des Aethers mit unbegreiflich schnellem Schwunge. Unvernünftige und vernünftige Familien und Individuen haben darauf ihre Cajüten, das heißt, ihre Höhlen, ihre Nester, ihre Zellen, ihre Hütten, ihre Palläste, ein jegliches nach seiner Art, und glauben sich darin physisch in Ruhe; aber immer und immer wälzt sich die große Kugel mit allen Geschöpfen und Wohnungen herum, und stürmt mit Blitzesschnelle in dem Weltraum dahin. Indem wir davon sprechen, sind wir kaum zweyhundert Schritte von unserm kleinen Elbschiffe gegangen, aber auf unserm großen allgemeinen Erdschiffe sind wir unterdessen wenigstens vierhundert deutsche Meilen gefahren.

W. Das ist unbegreiflich! Sie haben uns zwar schon sonst gelehrt, daß die Erde sich drehe und

um

um die Sonne gehe, aber von dieser ungeheuern Geschwindigkeit habe ich noch nichts gehört.

V. Unbegreiflich für unser sinnliches Vorstellungsvermögen freylich, aber nicht für unsern Verstand. Die erhabenste aller Wissenschaften, die Astronomie, hat sich bis zu der Höhe geschwungen, dieses beweisen und berechnen zu können.

W. Ach! wenn ich doch nur erst so weit wäre, davon etwas mehr zu verstehen?

V. Ich hoffe, du wirst zu seiner Zeit schon dahin kommen, und freue mich, daß das Wenige, was du bis jetzt historisch davon weißt, dir nicht gnüget. O! es ist eine ganz andere Sache mit dem Einsehen des Verstandes, als mit dem bloßen Wissen des Gedächtnisses, besonders bey diesen Dingen, die man mit Recht göttliche Dinge nennen kann. Die bloße historische Kenntniß vom Weltgebäude, wie von einem höchsten Wesen, ist todt, aber die Ueberzeugung des Verstandes von jenen großen Wahrheiten wirkt wohlthätig auf unser Herz, und erregt die schönsten Empfinduugen, deren der Mensch fähig ist, die Empfindungen der Bewunderung und Anbetung eines erhabenen Wesens.

Die Wendung, welche das Gespräch genommen hatte, mit der Dunkelheit der einbrechenden Nacht zusammengenommen, machten auf Einige aus der Gesellschaft besondern Eindruck. Sie dachten sich auf der Erde schwebend und herumkreisend

kreisend im unermeßlichen Raume. Unserm Wilhelm fiel die schöne Stelle aus einem alten Dichter ein, die er kurz vorher gelesen hatte:

„Er breitet aus die Mitternacht nirgend an,
„Und hänget die Erde an nichts."

Sie giengen stille vor sich hin, und sahen mit dunklen Ahndungen von mehr als einer Welt, den gestirnten Himmel an, der sich feyerlich und prachtvoll über sie wölbte.

Morgen, unterbrach Wilhelms Vater die Stille, wollen wir noch einige Gesichtstäuschungen aufsuchen. Ihr könnt euch selbst auf eine oder die andere besinnen.

16.

Schnelle Bewegung.

Wir haben nicht viel gefunden, sagte Wilhelm im Hereintreten.

V. Nun wir wollen hören. Man besinnt sich nicht gerade immer, wenn man etwas sucht, und oft auf das am spätesten, was uns am nächsten liegt.

W. Ich weiß nicht, ob das mit zu den Gesichtsbetrügen gehört, daß man die Speichen eines Spinnrades nicht sieht, wenn es schnell herumgedreht wird. Es kömmt einem wie ein durchsichtiges zusammenhängendes Gewebe vor.

V. Wir können diese Erscheinung allerdings mit dazu rechnen.

Ich weiß auch eine Erscheinung, sagte Carl.

V. Nun, und welche denn?

Wenn ich ein angebranntes Stück Holz herumschleudere, so sieht es aus, wie ein feuriger Kreis.

V. Die beyden Phänomene, die Wilhelm und Carl uns so eben angeben, rühren von einer und eben derselben Ursache her. Nämlich wenn ein Gegenstand gesehen wird, so dauert der Eindruck, den er auf das Auge macht, einige Zeit fort, zumal wenn der Gegenstand lebhaftes Licht hat. Bey einer schnellen Bewegung vermischen sich daher die Eindrücke mit einander, welche das Auge von dem Körper aus den verschiedenen Stellen seines Weges erhält. Ehe der Eindruck, den die glühende Kohle vom Anfange des Kreises gemacht hatte, völlig aufgehört hat, ist die Kohle schon wieder an derselben Stelle angekommen, und der Eindruck wird wieder erneuert. So an jeder Stelle des Kreises, folglich muß ein zusammenhängender feuriger Kreis gesehen werden.

den *). Mit dem Spinnrade, und überhaupt mit jedem Körper ist es derselbe Fall. Wir müssen noch dazu nehmen, daß, um die Form, Farbe und Größe zu sehen — nämlich so zu sehen, daß wir uns dessen bewußt sind, ebenfalls wenig Zeit nöthig sey, sollte es auch nur ein kleines Theilchen einer Zeitsecunde seyn. Eine Bewegung kann daher leicht so schnell seyn, daß wir den bewegten Körper gar nicht erkennen, sondern nur etwas bewegtes empfinden. Dies ist schon der Fall bey den Beyspielen, die ihr oben anführtet, von schnell herumgedrehten Körpern. So auch bey einem abgeschossenen Pfeil, bey einer Kanonenkugel u. s. w. Man pflegt sich im gemeinen Leben in solchen Fällen so auszudrücken: es geht so schnell, daß man kein Auge darauf heften kann. Allerdings gehört zum Sehen mit

*) Anmerk. Herr d'Arcy hat zu diesem Versuche ein Kreuz gebraucht, welches durch Rad und Getriebe, vermittelst eines Gewichtes wie ein Bratenwender herumgedreht wurde. Der Kreis scheint nuunterbrochen, wenn die Kohle zu ihrem Umschwunge etwa acht Tertien Zeit gebraucht, sagt Eberhard in seiner Theorie des Denkens und Empfindens. Priestley hat, durch ein Versehen vermuthlich, acht Drittel einer Minute, welches Klügel verbessert, indem er Minute in Secunde verwandelt; aber acht Drittel Secunden ist gewiß noch zu lange; Segner de raritate luminis nimmt sechs Tertien.

Bewußtseyn, daß man den Blick eine Zeitlang auf den Gegenstand hefte. Die Hände der Taschenspieler geben auch ein Beyspiel davon; sie thun vieles, was man nicht sieht, ob man es gleich sieht.

Ach ja! das haben wir neulich gesehen, als der Mann hier die Kartenkünste machte.

V. Wenn wir aber hier von Schnelligkeit der Bewegung reden, so müssen wir dabey eigentlich nur an die Größe des Winkels denken, um welchen sich der Ort des Gegenstandes in einem gewissen Zeittheile ändert, denn nach diesem richtet sich die Geschwindigkeit des Bildes im Auge. Eine Bewegung kann sehr schnell seyn, und demungeachtet der eben erwähnte Winkel von geringer Größe, nämlich wann?

W. Wenn der Gegenstand weit entfernt ist, so wird der Winkel, unter dem der durchlaufene Raum gesehen wird, klein.

V. Es könnte also bey einem nahen Gegenstande die Bewegung wohl so schnell seyn, daß der Körper selbst, während derselbe nicht sichtbar wäre, wie z. B. bey einer abgeschossenen Kanonenkugel, dagegen aber bey derselben Geschwindigkeit in einer größern Entfernung der Körper recht gut beobachtet werden könnte. Ob ihr mir davon wohl ein Beyspiel angeben könntet?

W.

W. Mir fällt keines ein.

V. Die Planeten geben ein solches Beyspiel, sie bewegen sich in ihrer Bahn um die Sonne äußerst schnell, und ihre scheinbare Geschwindigkeit wird noch sehr vergrößert, wenn die Erde und ein Planet gerade so gegen einander stehen, daß die Richtungen, in denen beyde fortgehen, einander entgegengesetzt sind. Wenn sie in großer Nähe sich so vorbeyfliegen könnten, so möchte es damit eben so seyn, wie mit der Kanonenkugel, die man nicht sieht; aber wegen der ungeheueren Entfernung sind diese Körper sehr gut, und so gar wie völlig ruhend zu beobachten. Ihre unbegreifliche Geschwindigkeit wird unmerklich.

17.

Langsame Bewegung.

Ach! rief Wilhelm aus, Sie nehmen da wieder Beyspiele am Himmel, wovon wir noch nichts wissen.

V. Geduld! wir werden auch dahin kommen. Ich will jetzt ein Beyspiel von der Erde nehmen — und zwar im buchstäblichen Sinne.

Seht

Seht diesen Schatten, den der Fensterrahmen auf den Fußboden wirft, bemerkt ihr Bewegung daran?

Nein! er scheint ganz stille zu stehen.

V. Gleichwohl ist nichts gewisser, als daß er sich wirklich bewegt, denn wenn wir nach Verlauf einer Stunde wieder hinsehen, so werden wir ganz augenscheinlich wahrnehmen, daß er sich von der Stelle bewegt habe. Warum bemerken wir aber, indem wir darauf sehen, die Bewegung nicht?

Weil sie zu langsam ist.

V. So wie der Schatten eines Sonnenzeigers, so auch der Stundenweiser an einer Uhr. Ihr werdet keine Bewegung daran wahrnehmen, obgleich es in zwölf Stunden sich einmal im Kreise herumdreht. Ihr werdet selbst vielleicht noch einige Beyspiele anzugeben wissen.

W. O ja! das Gewicht an der Uhr geht auch allmählich herunter, aber so scheint es, indem man darauf sieht, zu ruhen.

An einem Stücke Käse, bemerkte ein Anderer — wo ein Haufen Milben daran sind, sieht man auch keine Bewegung; wenn man aber ganz nahe darauf sieht, so merkt man doch, daß die kleinen Thierchen daran herum wühlen.

V. Und um wieder ein Beyspiel vom Himmel zu nehmen, Sonne, Mond und Sterne drehen sich in vier und zwanzig Stunden scheinbar um die Erde herum; wenn man aber einen Stern betrachtet, so ist das Fortrücken gar nicht merklich. Dies Beyspiel wollen wir einmal gebrauchen, um eine ungefähre Bestimmung daraus herzuleiten. Wenn wir einen Stern beobachten, der bey der täglichen Bewegung einen großen Kreis am Himmel beschreibet, das heißt, einen Stern im Aequator, so ist unser Auge in dem Mittelpunkt dieses Kreises. Da nun ein solcher Stern in vier und zwanzig Stunden den ganzen Kreis durchläuft, so bewegt er sich in einer Stunde, durch wie viel Grade?

W. Durch 15 Grade, wie man findet, wenn man die 360 Grade des ganzen Kreises durch 24 dividirt.

V. Also wie viel in einer Zeitminute?

W. Durch $\frac{15}{60}$ Grade oder durch 15 Bogenminuten.

V. Und in einer Zeitsecunde?

W. Durch 15 Bogensecunden.

V. Man kann also wenigstens annehmen, daß wir an einem Körper keine Bewegung wahrnehmen, indem wir unsern Blick auf denselben heften, wenn der Winkel, um den er fortrückt, in einer Zeitsecunde nicht mehr als 15 Bogensecunden ausmacht.

Aber

Aber das Fortrücken der Sterne möchte auch wohl schon aus einer andern Ursache nicht so leicht zu bemerken seyn, nämlich weil sich bey der täglichen Bewegung alle zugleich verrücken und gleichförmig nach einerley Richtung, so daß sie unter einander ihre Lage dabey nicht verändern. Das Auge, was den Himmel betrachtet, befindet sich daher ungefähr in dem Fall wie der Zuschauer in der Cajüte. Das Fortrücken ist nur durch Veränderung der Lage gegen die Erde, gegen den Horizont merkbar, und diese ist, zumal in der Höhe, nicht leicht in die Augen fallend. Wenn man sich so stellt, daß ein Stern dicht neben einem Thurm an der Ostseite gesehen wird, so kann man doch seine Verrückung schon einigermaaßen sehen, wie er sich dem Thurm immer mehr und mehr nähert, und endlich plötzlich hinter demselben verschwindet.

W. Ach! darum hatten Sie wohl vor einiger Zeit ein Fernrohr nach dem Schornstein jenes Hauses gerichtet. Ich wußte gar nicht, was Sie daran sehen wollten.

V. Nicht gerade um das Fortrücken des Sterns zu beobachten, sondern um diese Beobachtung des Verschwindens zu einem andern Zwecke zu gebrauchen, wovon ich dir jetzt noch keine Idee geben kann *).

W.

*) Es war eine von D. Olbers neulich wieder empfohlene Methode Zeitbestimmungen zu machen; v. Zachs monatl. Corr. Febr. 1801.

W. Was war denn aber das für ein besonderes Fernrohr, was ich neulich bey Ihnen sah, wo zwey Röhren nach zwey verschiedenen Gegenständen gerichtet waren. Man kann doch wohl nicht mit beyden Augen nach zwey Dingen zugleich sehen?

V. Es war kein Fernrohr. Ich will dich gelegentlich mit dem Zweck des Instruments bekannt machen.

18.

Messung des Lichts.

W. Sie versprachen gestern, lieber Vater! —

V. — Dir die vermeynten Fernröhre zu erklären. — Das wird sich aber nicht so in der Geschwindigkeit thun lassen; ich werde dich zuvor mit einigen Lehren bekannt machen, wovon wir bisher noch nicht gesprochen haben.

W. Um desto mehr freue ich mich darauf.

V. Es ist ein Instrument das Licht zu messen.

Wie kann man denn das Licht messen? — frug Wilhelm nachdenkend.

V. Sagtest du doch selbst heute Morgen um sieben Uhr, als wir unsere Lampe auslöschten: „Jetzt ist es noch einmal so helle, als vor zwey Stunden, da wir aufstanden.

Ja! — erwiederte Wilhelm etwas gedehnt, als wollt' er sagen: das war nur so eine façon de parler.

V. Sollten wir nicht mit ziemlicher Sicherheit sagen können, wenn zwey Gegenstände gleich helle sind, z. B. wenn ein Blatt Papier eben so gut erleuchtet ist, als das andere, oder ob das eine mehr oder weniger helle sey?

W. Das wohl, aber damit wäre wohl nicht viel gemessen.

V. Freylich nicht! Ueber das bloße ob? entscheiden wir leicht und können uns ziemlich auf unser Auge verlassen; aber wenn's darauf ankommt, das wie vielmal? zu bestimmen, da werden wir von unserm Auge verlassen. Heute Morgen um sieben Uhr war es weit mehr als noch einmal so helle, als um fünf. Daß die Sonne heller, viel heller leuchte als der Mond, sieht Jeder, aber wie vielmal heller? darauf wäre es wohl schwerer zu antworten.

W. Ich wüßte es wenigstens nicht anzugeben, und sehe auch kein Mittel, wie man es finden könne.

V. Wir wollen nicht daran verzweifeln. Wir können die Entfernung der Sonne und ihre Größe, ja selbst ihre Masse bestimmen, vielleicht gelingt es auch mit ihrem Glanze.

W. Ich begreife zwar auch noch nicht, wie jenes zu bewerkstelligen ist, doch kann ich mir es noch eher als möglich denken, da ich aus dem Wenigen, was ich von Arithmetik und Geometrie gelernt habe, doch schon weiß, daß Weiten und Größen gefunden werden können, die man nicht unmittelbar messen, und wo man gar nicht einmal hinzukommen kann.

V. Weshalb scheint dir denn das Ausmessen des Lichts weniger thunlich?

W. Das weiß ich nicht recht zu sagen. — Womit sollte man es denn messen?

V. Also die Schwierigkeit, wie ich wohl merke, scheint dir darin zu liegen, daß man kein Maaß dafür hätte.

W. Das ist es, glaube ich. Wenn ich eine Entfernung bestimmen will, so habe ich doch Ruthen, Fuße, Schritte, Ellen u. dergl. worin ich sie durch Zahlen ausdrücken kann, indem ich sie entweder unmittelbar messe, oder die Schlüsse der Geometrie dabey anwende. Und wenn ich eine Last finden will, so kann ich doch sagen, sie ist so und soviel Centner oder Pfunde

de, Lothe u. s. w. Das kann selbst bey der Luft geschehen, wie Sie mich gelehrt haben. Wir können sie nach Cubikfußen messen und nach Pfunden wägen; aber Licht? —

V. Läßt sich weder mit Ellen ausmessen, noch durch Pfunde wägen, das ist wahr, aber ein Maaß wird sich doch dafür finden lassen. Man muß nur bey dem Worte Maaße nicht gerade diejenigen immer im Sinne haben, womit wir unsere gewöhnlichen Bedürfnisse abmessen und abwägen. Was ist überhaupt ein Maaß, es sey von Raumgrößen, oder von Kräften, oder wovon es sey?

W. Ein Maaß? erwiederte Wilhelm im fragenden Tone. — Eine solche Echo-Frage zeigt gewöhnlich an, daß einer um die Antwort verlegen ist.

V. Es ist doch wohl nichts anders als eine zur Einheit und als bekannt angenommene Größe, womit wir andere Größen von derselben Art vergleichen.

W. Ja, so ist es!

V. Zum Beyspiel, wie lang ist dieses Zimmer?

W. Zwanzig Fuß. Wir haben es einmal gemessen.

V. Wie groß ist ein Fuß?

W. Zwölf Zoll, oder zehn Zoll, je nachdem man ihn eintheilt.

V. Wenn du aber sonst keinen Begriff von einem Fuße durch Anschauung hättest, würdest du dadurch wohl mehr davon wissen, wenn dir jemand den Fuß so erklärte: es ist eine Länge von zwölf oder von zehn Zoll?

W. Nein, denn die Zolle kenne ich nicht besser wie den Fuß.

V. Eben so wenig können wir weiter bestimmen, wie viel ein Pfund sey, und Carl antwortete neulich, als er darum gefragt wurde, nicht unrecht, obwohl nicht ganz schicklich: ein Pfund ist ein Pfund; denn in der That läßt sich von einer Maaßeinheit weiter keine Erklärung geben. Für das Licht lassen sich nun ebenfalls Maaße annehmen, und zwar noch besser, als für Wärme, Kälte, Elektricität u. dergl. Zum Beyspiel, ich halte ein Blatt Papier, es mag gerade einen Quadratfuß Fläche haben, an die Wand, stelle das Licht in einer gewissen Entfernung, etwa von einem Fuße, und nehme nun die Erleuchtung, welche das Blatt so empfängt, zur Einheit an. Immer erhalte ich dadurch eine als bekannt angenommene Größe, die mir ungefähr die Dienste thun kann, wie der Fuß bey den geometrischen Größen. Es kömmt bey dem Messen des Lichts, wie bey dem Messen des Raums, alles auf Vergleichung hinaus. Wir wollen einmal versuchen, ob wir nicht einige solche Vergleichungen auffinden.

19.

Ausstrahlende Lichtmenge.

Wir haben hier jetzt ein einziges Wachslicht vor uns auf unserem runden Tische stehen; diese Lichtflamme verbreitet eine gewisse Menge Licht in das Zimmer. Wir wollen sogleich zwey anzünden. Nicht wahr, diese zwey werden dann noch zweymal so viel Licht geben?

W. Ohne Zweifel!

V. Unter gehöriger Voraussetzung, nämlich: welche Bedingungen werden angenommen werden müssen?

W. Vermuthlich, daß sie gleich groß sind.

V. Das ist eins! aber die gleiche Größe macht es noch nicht allein aus. Die Flamme der Argandschen Lampe kann kleiner seyn, als die des Talglichts, und doch mehr Licht geben. Was wäre also noch nöthig?

W. Daß sie gleich lebhaft glänzen.

V. Wenn also die Lichtflammen von gleicher Größe und von gleichem Glanze sind, so werden ohne Zweifel zwey, drey, vier und mehrere auch zweymal, dreymal, viermal, und so in der-

derselben Verhältniß mehrmal so viel Licht geben, als die einfache Flamme.

W. Ja so muß es nothwendig seyn, wiewohl ich mir bey dem Ausdruck: doppelte, dreyfache Menge Licht, eine größere Veränderung der Helligkeit vorstelle, als ich wirklich finde, wenn zwey, drey Lichtflammen angezündet sind.

V. Das mag wohl gewöhnlich der Fall seyn, daß wir die Grade der Veränderung zu klein anschlagen, und uns erst durch genauere Versuche überzeugen können, daß sie in der That so groß sind, als sie der Theorie nach seyn müssen. Als ich neulich sagte, meine Lampe gebe mehr Licht, wie zwey Talglichter, so schien dir das auch zu viel gesagt, indessen können wir uns nachher durch einen leichten Versuch überzeugen, daß es wirklich so ist.

W. Wenn ich zwey Lichtflammen an einander halte, so daß sie sich berühren, und nur eine einzige Flamme machen, so scheint diese mir auch mehr Licht zu geben, als vorher die beyden einzelnen zusammengenommen. Woher mag das wohl kommen?

V. Die Bemerkung ist richtig, und ich erkläre es mir daraus, daß, wie es mir scheint, die beyden Flammen, wenn sie sich unmittelbar berühren, höher auflodern, eine größere Flamme geben, als einzeln zusammen genommen. Wenn wir das Licht von mehreren Lichtflammen

mit

mit dem von der einfachen vergleichen wollen, so müssen wir deshalb die Flammen einzeln zwar dicht neben einander stellen, aber doch nicht ganz in eine einzige große Flamme zusammenfließen lassen; weil dadurch die Lichtmenge vielleicht in einer größeren Verhältniß zunehmen möchte, als die Anzahl der Flammen. Stellen wir sie aber bloß dicht zusammen, ohne daß sie zusammen fließen, so können wir sie als eine einzige zusammengesetzte Flamme ansehen, die nun so vielmal mehr Licht als die einfache ausstrahlt, so vielmal sie größer als die einfache ist. Die ausgestrahlten Lichtmengen verhalten sich also wie Größe und Glanz der Flamme. Aber den Ausdruck Größe müssen wir doch noch ein wenig näher bestimmen, wollen wir damit die körperliche Größe, oder bloß die Fläche andeuten.

W. Ich dächte die körperliche Größe.

V. Und warum?

W. Die Lichtflamme ist doch durchsichtig, und das Innere leuchtet ja auch mit durch.

V. Gut, wir wollen also die Flamme für durchsichtig annehmen, indessen müssen wir nicht vergessen, daß sie doch nicht vollkommen durchsichtig ist; das wirst du leicht bemerken.

W. Man kann freylich durch den mittlern Theil der Flamme nicht gut durchsehen, aber unten sieht man deutlich, wie durch Glas, was darin und was dahinter liegt.

V. Unten leuchtet sie auch am wenigsten. Daß aber die unvollkommene Durchsichtigkeit der Flamme wirklich sehr merklichen Einfluß auf die ausströmende Lichtmenge habe, das können wir nicht besser als an der Lampe mit dem breiten bandförmigen Dochte sehen. Zünde sie einmal an, und halte ein Blatt Papier rings herum nach allen Seiten in gleicher Entfernung von der Flamme. — Was bemerkst du?

W. Es ist merklich heller, wenn ich es der breiten Seite der Flamme gegenüber halte, als gegen die schmale Seite. Hier scheint selbst auf dem Tisch eine Art von Schatten zu entstehen. Wenn ich die Lampe drehe, so sieht man auch diesen Schatten an der Wand fortrücken.

V. Wir wollen also nicht gar große runde Flammen, wie die eines gut abgeputzten Wachslichtes, mit dünnem Docht annehmen: da wird unsere Voraussetzung von der Durchsichtigkeit ziemlich zutreffen; und wir setzen also: die nach allen Seiten hin, wie etwa in den Raum einer hohlen Sphäre ausströmende Lichtmenge verhalte sich wie Größe und Glanz der Flamme, die in dem Mittelpunkte dieser hohlen Sphäre stehet. Aber sollte auch wohl die Größe

dieser Sphäre Einfluß auf die Lichtmenge haben können?

W. Ich dächte, daß es in Ansehung des Lichtes wohl einerley wäre, ob die Flamme in einem großen oder kleinen Raum brennt.

V. Offenbar! Eine und eben dieselbe Lichtflamme kann wohl nicht weniger Licht ausstrahlen, wenn wir sie hinter einen Scheffel, als wenn wir sie unter freyen Himmel stellen. Was aus dem Lichte (falls es eine wirkliche ausströmende feine Materie ist) in einem eingeschlossenen Raume wird, das weiß ich nicht zu sagen, aber allem Anschein nach strömt gleichviel Licht in eine Sphäre von einem Fuß und von einer Meile im Halbmesser aus. Und wenn wir nicht die ganze Sphäre, sondern die Hälfte, das Drittel, Viertel, Zehntel u. s. w. annehmen, so wird die Lichtmenge in einem solchen beliebigen Theil dieselbe bleiben, die Sphäre mag groß oder klein seyn.

W. Das ist klar! wenigstens sehe ich keinen Grund, warum sie sich ändern sollte.

V. Das Licht strömt von der Flamme — (wir nehmen sie als einen physischen Punkt an) nach allen Seiten geradlinicht aus; dies dürfen wir als Erfahrung annehmen. Dasjenige, was in einem beliebigen Theil der ganzen Sphäre ausströmt, erfüllt also einen pyramidenförmigen Raum. Die Seiten dieser Pyramide bilden an der Flamme eine Spitze, (Ecke, körperlichen

Winkel).

Winkel). Nur von der Größe dieser Ecke oder dieses körperlichen Winkels hängt die Lichtmenge ab; und mit den körperlichen Winkeln hat es eben die Bewandniß, wie mit den ebenen, die du längst aus deiner Geometrie kennst. Worauf kommt es bey der Größe eines ebenen Winkels an, und worauf kommt es nicht an?

W. Es kommt nur auf die Lage (auf die Neigung) der Linien gegen einander an, nicht auf die Länge derselben. Ein Winkel mit kurzen Schenkeln kann groß, und einer mit langen Schenkeln kann klein seyn.

V. So auch bey den körperlichen Winkeln. Wodurch werden aber ebene Winkel gemessen?

W. Durch die Kreisbogen zwischen ihren Schenkeln.

V. Du wirst errathen, wodurch körperliche auf ähnliche Art können gemessen werden?

W. Durch die Stärke der sphärischen Fläche, welche die Seiten der Ecke begränzen.

V. Wenn wir aber in zwey ebenen Winkeln von ungleicher Größe, die Bogen auch mit ungleichen Halbmessern beschrieben hätten?

W. Man muß sie immer auf gleiche Halbmesser reduciren, oder vielmehr, man muß die Bogen immer durch ihr Verhältniß zum Halbmesser ausdrücken.

V. Wenn also z. B. der erste Bogen 8 Zoll bey einem Halbmesser von 10, der zweyte 12 Zoll bey einem Halbmesser von 20 wäre, wie verhielte sich da der Winkel?

W. Der erste Bogen wäre $\frac{8}{10}$ seines Halbmessers, oder er wäre $\frac{8}{10}$ Zoll für einen Halbmesser $= 1$. Der zweyte Bogen aber wäre $\frac{12}{20}$ oder $\frac{6}{10}$, also verhielten sich die Winkel wie 8 zu 6.

V. Also wie die Bogen dividirt durch die Halbmesser. Nicht wahr?

W. Ja so ist es.

V. Worauf soll uns dies wohl führen?

W. Vermuthlich: die körperlichen Winkel, in welche das Licht ausströmt, auf ähnliche Art, vermittelst der sphärischen Flächen, zu vergleichen.

V. Setzen wir also zwey Ecken oder körperliche Winkel. Der erste begränzt in einer Sphäre vom Halbmesser 10, eine sphärische Fläche von 8 Quadratzoll, der andere in einer andern Sphäre vom Halbmesser 20, eine sphärische Fläche von 12 Quadratzoll — wie werden sich die Ecken also verhalten?

W. Wie vorhin, nämlich wie 8 zu 6.

V. Ey! ey! mein lieber Wilhelm! das war sehr übereilt. Die sphärischen Flächen messen wir mit Quadratzollen, und die Halbmesser mit Linienzollen. Läßt sich das mit einander vergleichen? Kannst du hier, so wie vorher, sagen:

gen: Das sphärische Stück von 8 Quadratzollen ist $\frac{8}{10}$ vom Halbmesser?

W. Nein, das geht freylich nicht an. Ich hätte die sphärischen Flächen wohl mit den Quadraten des Halbmessers vergleichen sollen.

V. Das dächte ich auch. Also?

W. Die Quadrate der Halbmesser sind 100 und 400. Also die Ecken verhalten sich wie $\frac{8}{100}$ und $\frac{12}{400}$, oder wie $\frac{8}{100}$, und $\frac{3}{100}$ oder wie 8 und 3.

V. So war es besser; also im Allgemeinen?

W. Die Ecken verhalten sich wie die sphärischen Flächen dividirt durch die Quadrate des Halbmessers.

V. Laß uns einmal übersehen, was wir jetzt herausgebracht haben: Wir nehmen Lichtflammen von verschiedenen Größen, von verschiedenem Glanze, und wir nehmen auch verschiedene körperliche Winkel, in welchen sie ihr Licht ausströmen. — Wie werden sich die Lichtmengen verhalten?

W. Wie Größe und Glanz der Flamme, und Größe der Ecke, oder wie Größe der Flamme, Glanz derselben und die sphärische Fläche mit einander multiplicirt, und mit dem Quadrat des Halbmessers dividirt.

20.

Glanz.

V. Bey dem Ausdruck: Glanz, den wir schon einigemal gebraucht haben, können wir uns eigenthümliche Dichtigkeit des Lichts denken. So wie wir bey den gröberen körperlichen Massen eine verschiedene Dichtigkeit, ein verschiedenes specifisches Gewicht wahrnehmen, so bemerken wir auch dichteres oder glänzenderes und dünneres Licht. Wenn zwey Lichtflammen von ungleicher Größe gleiche Lichtmengen in gleiche Ecken verbreiten, was wäre daraus zu schließen?

W. Daß die kleinere Flamme mehr Glanz oder ein lebhafteres Licht, oder wie Sie es vorhin ausdrückten, Licht von größerer eigenthümlichen Dichtigkeit ausstrahle.

V. Und welche Verhältniß müßte wohl da anzunehmen seyn?

W. Ohne Zweifel diese, daß eine zweymal, dreymal größere Flamme, die nur eben so viel Licht ausstrahlt als die einfache, nur die Hälfte, das Drittel des Glanzes habe, wie die einfache.

W. Wir können dies also so ausdrücken: Der Glanz zweyer ungleichen Flammen, die in gleiche Ecken (— oder auch nach allen Seiten in die ganze Sphäre) gleiche Lichtmenge verbreiten, verhält sich, umgekehrt wie die Größe der Flammen. — Gesetzt aber, wir nehmen die Größe der Flammen gleich an, die Lichtmengen auch, aber dagegen die Ecken ungleich? Wenn also von zwey gleich großen Flammen die erste in eine gewisse Ecke eine gewisse Lichtmenge: die andere aber in eine doppelt so große Ecke auch nur dieselbe Lichtmenge ausstrahlt, was läßt sich daraus auf den Glanz oder auf die eigenthümliche Dichtigkeit des ausströmenden Lichts für ein Schluß machen?

W. Offenbar strahlt die erste Flamme in eine gleiche Ecke doppelt so viel Licht aus, als die zweyte. Da nun die Größen der Flammen gleich gesetzt sind, so muß die größere eigenthümliche Dichtigkeit Ursache daran seyn, also die erste Flamme doppelt so starken Glanz haben, als die zweyte.

V. Also das Uebrige gleich gesetzt, verhält sich der Glanz umgekehrt wie die Eckenräume, und wenn wir nun d s vorige mit in Betrachtung ziehen, so haben wir folgendes: Der Glanz verhält sich bey gleicher Lichtmenge umgekehrt, wie die Größe der Flamme und der Ecke. Nun wollen wir

aber

aber auch die Lichtmengen ungleich nehmen; z. B. die erste Flamme strahlt rings herum in die ganze Sphäre eine gewisse Lichtmenge aus, die zweyte aber in die ganze Sphäre eine zweyfache, dreyfache Menge, was folgt daraus in Ansehung des Glanzes?

W. Wenn beyde Flammen gleich groß sind, so ist offenbar der Glanz der zweyten Flamme in eben dem Verhältniß größer, wie die ringsumher gestrahlte Lichtmenge. Sind aber die Flammen ungleich, so wäre, wie wir vorhin fanden, der Glanz in umgekehrter Verhältniß dieser Größen, also müßte man die Lichtmengen mit der Flammengröße dividiren.

V. Diesen Satz wollen wir uns besonders merken. Er war leicht zu finden, und hieß: Der Glanz oder die eigenen Dichtigkeiten des Lichts verhalten sich, wie die rings umher in die ganze Sphäre (oder auch in gleiche Ecken) ausströmenden Lichtmengen dividirt durch die Flammengrößen.

W. Ich finde in diesen Sätzen viel Aehnlichkeit mit denen, die Sie mich bey den Lehren von dem specifischen Gewicht des Körpers finden liessen, wobey wir die hydrostatische Waage gebrauchten.

V. Ganz recht! es sind dieselben Begriffe, nur auf verschiedene Gegenstände angewendet.

Was

Was dort Gewicht überhaupt, absolutes Gewicht war, ist hier sämtliche ausströmende Lichtmenge; was dort specifisches oder eigenthümliches Gewicht war, ist hier Glanz, eigene Dichtigkeit, erleuchtende Kraft.

21.

Auffallende Lichtmenge.

V. Wir können das Licht in zweyerley Hinsicht betrachten, in so fern es aus dem leuchtenden Körper ausströmt, und in so fern es auf einen andern Körper auffällt und diesen erleuchtet. Von jenem haben wir Vergleichungen gesucht, wir wollen sie auch noch von diesem suchen, und wollen immer noch unsere durchsichtigen Flammen dabey voraussetzen.

W. Sollte das nicht einerley seyn? Je grösser die ausströmende Lichtmenge ist, desto größer müßte, dächte ich, auch in eben der Verhältniß, die auf einen andern Körper auffallende Lichtmenge seyn.

V. Unter übrigens gleichen Umständen freylich; doch werden ein Paar Bestimmungen noch hinzu kommen. Denke einmal darüber nach, wovon wohl die Lichtmenge abhängt, welche auf eine erleuchtete Fläche fällt.

W. Ohne Zweifel zunächst von den Stücken, wovon die ausströmende Lichtmenge abhieng.

V. Und dies waren?

W. Größe der Flamme; Glanz der Flamme und Größe der Ecke, in welche das Licht ausströmt.

V. Nun die beyden ersten Stücke liegen in der Flamme selbst; das letzte aber, die Größe der Ecke, wonach bestimmt sich dies hier?

W. Wenn ich nicht irre, nach der Größe des Blatts, welches beleuchtet wird.

V. Du nimmst gleich ein Blatt Papier zum Beyspiel an, und wir können auch dabey bleiben. Die Entfernung von der Flamme werden wir doch auch in Betrachtung ziehen müssen.

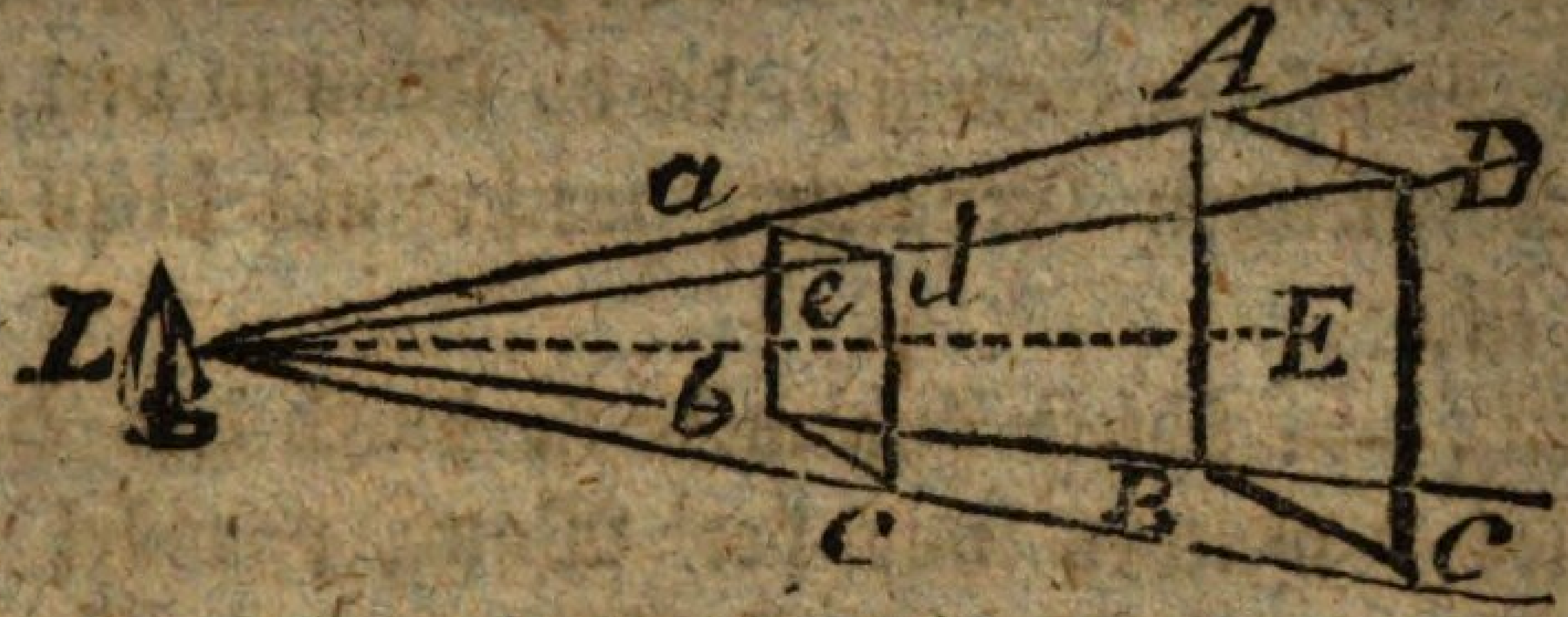
W. Nothwendigerweise! je weiter weg, desto weniger Licht.

V. Nur nicht wieder in den vorigen Fehler verfallen! Je weiter weg, desto weniger Licht — ist wahr, aber nicht genau genug bestimmt. Habe ich, wenn ich das Blatt Papier zwey Ellen von der Lichtflamme halte, zweymal weniger

niger d. h. halb so viel Licht, als wenn ich es eine Elle davon halte? — Nun woran denkst du?

W. Ich denke an die Quadrate der Halbmesser.

V. Ganz recht, daran müssen wir auch denken. Wir wollen uns durch eine Zeichnung zu Hülfe kommen.



In L sey eine Lichtflamme. In der Entfernung L e halten wir ein Blatt Papier, a, b, c, d, so daß der Lichtstrahl, welcher auf die Mitte e trifft, senkrecht auf die Ebene des Blatts sey. Wir verlängern nun die Lichtstrahlen, welche die Gränze des Blatts berühren, bis an die Wand, deren Ebene mit der des Blatts parallel, folglich L E auf sie senkrecht ist. Hier werden nun diese verlängerten Strahlen die ähnliche, aber größere Figur ABCD begränzen, die wir ganz bestimmt an dem Schatten sehen, den das Blatt an die Wand wirft. Ohne Zweifel wird dieselbe Lichtmenge, welche jetzt auf das Blatt a, b, c, d fällt, so bald dieses weggenommen wird, auf die Fläche ABCD an der Wand fallen.

W. Das ist ganz klar! Dieselbe Lichtmenge wird da in einen viel größern Raum ausgebreitet.

V. Und in welcher Verhältniß dieser Raum größer sey, ist leicht zu entdecken. Der ganze körperliche Raum L, ABCD, den die Lichtstrahlen anfüllen, ist eine Pyramide, wovon L die Spitze, und ABCD die Grundfläche ist. Diese Pyramide nun — doch du wirst wohl selbst fortfahren können, da du schon so viel von der körperlichen Geometrie weißt als hiezu nöthig ist.

W. — Diese Pyramide ist durch das Blatt Papier, welches mit der Wand parallel ist, durchschnitten, und diese Ebenen der Grundfläche und des Durchschnitts verhalten sich wie die Quadrate der Höhen oder Entfernungen von der Spitze.

V. Also wenn die Entfernungen von der Flamme wie die Zahlen 1 2 3 4 5 u. s. w. wachsen, so werden die Flächen, auf die sich einerley Menge Licht verbreiten muß, wie die Quadrate 1 4 9 16 25 u. s. w., wachsen. Gesetzt also, die Wand sey doppelt so weit von der Flamme als das Blatt, also ABCD viermal so groß wie abcd, und ich halte nun das Blatt abcd unmittelbar an die Wand, wie viel Licht wird also nun darauf fallen, da es in der doppelten Entfernung ist?

W. Offenbar nur $\frac{1}{4}$ von dem, was es in in der einfachen Entfernung erhielt.

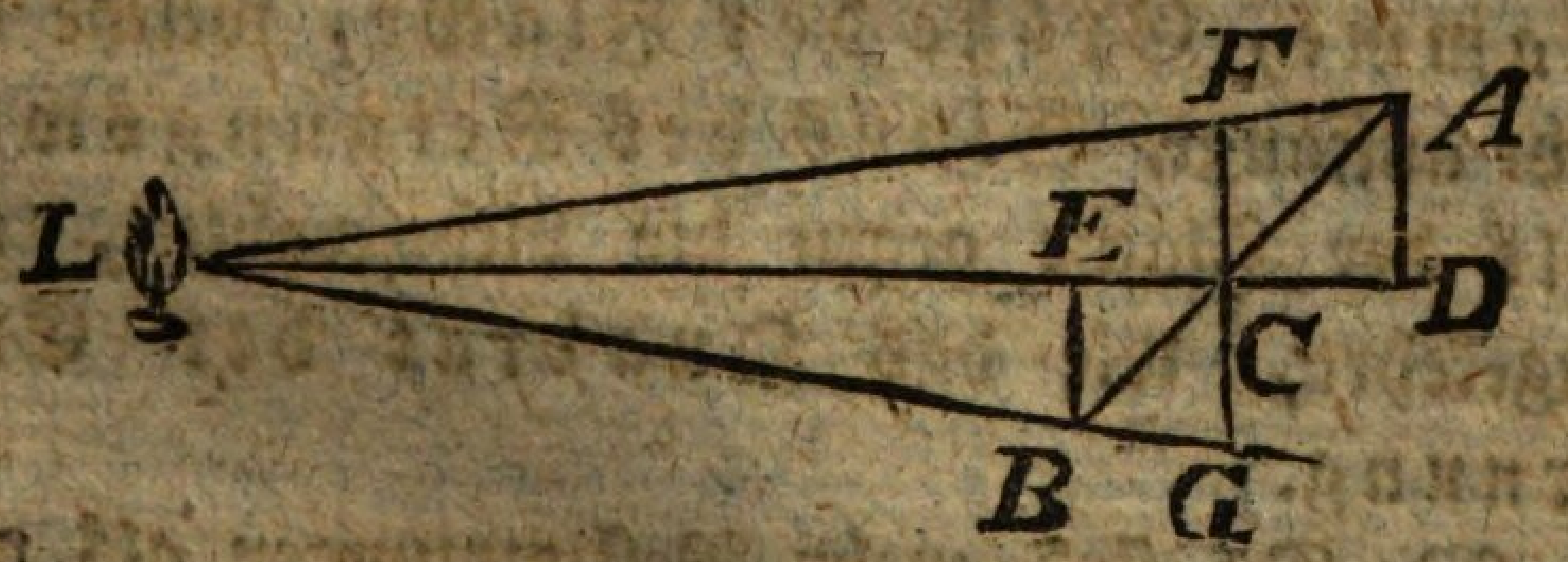
V. Und wenn ich in der dreyfachen Entfernung halte?

W. So wird es nur $\frac{1}{9}$, in der vierfachen nur $\frac{1}{16}$, in der fünffachen nur $\frac{1}{25}$ desjenigen Lichts erhalten, was es in der einfachen Entfernung auffieng.

V. Wir fanden also, die Größe der Ecke, welche die ausstrahlende Lichtmenge ausfüllt, richte sich nach Größe und Entfernung der beleuchteten Fläche; aber sollte nicht auch die Lage der Fläche — wir reden jetzt von ebenen Flächen — Einfluß haben?

W. Ja! denn wenn ich ein Blatt Papier schief gegen das Licht halte, so wird es nicht so gut erleuchtet als gerade.

V. Wir wollen das ein wenig genauer entwickeln.



Es sey AB ein schief gehaltenes Blatt Papier. Der Winkel, den der auf die Mitte fallende Lichtstrahl LC mit dem Blatte macht, ist ECB oder

oder DCA; beyde sind einander gleich. Die obere Hälfte des Blatts AC bekömmt nun begreiflich nicht mehr Licht als eine senkrecht gegen das Licht gehaltene Ebene AD. (Ich nenne der Kürze wegen Ebenen, was eigentlich nur in der Figur Linien, Durchschnitte der Ebenen sind) Und die untere Hälfte des Blatts nicht mehr als die senkrechte Ebene BE. Das ganze Blatt also nur so viel als die beyden Ebenen AD und BE, oder ohne Fehler wie die Ebene FG. Wie verhalten sich aber wohl CA gegen AD und CB gegen BE?

W. Wie der Halbmesser zum Sinus des Winkels ACD oder BCE, um welchen das Blatt gegen den mittleren Strahl LC geneigt ist.

V. Nun können wir die von einer Lichtflamme auf eine beliebige Ebene auffallende Lichtmenge genau bestimmen. Sie verhält sich nämlich wie Größe der Flamme, Glanz der Flamme, Größe der Fläche, welche das Licht auffängt, Sinus des Neigungswinkels der Fläche gegen die Lichtstrahlen, und umgekehrt, wie das Quadrat der Entfernung.

W. Da sind mehr Bestimmungen als vorher, als bloß die Menge des ausströmenden Lichts verglichen wurde.

V. Nur der Sinus des Neigungswinkels ist hinzugekommen, den wir vorher nicht brauchten.

22.

Stärke der Erleuchtung.

Was wir so eben fanden, war die Verhältniß der sämmtlichen auf eine Ebene auffallenden Lichtmenge. Wir könnten aber auch bloß nach der Stärke der Erleuchtung, ich meyne nach der Verhältniß der Lichtmengen auf gleiche Flächen, oder auf einen zur Einheit angenommenen Theil der Flächen fragen: da würde denn die Größe der Fläche selbst uns nichts angehen.

W. Wollten Sie mir das nicht noch etwas deutlicher machen?

V. Wenn wir fragen, wie stark wird diese oder jene Fläche erleuchtet, so fragen wir nicht eigentlich darnach, wie viel Licht überhaupt darauf falle, sondern wie viel Licht ein Theil, z. E. ein Quadratzoll erhalte? Eine große Fläche kann wohl viel Licht auffangen, aber doch nur sehr schwach erleuchtet seyn; dagegen eine

eine kleinere mit weniger Licht stärker erleuchtet wird.

W. Das ist klar.

V. Stärke der Erleuchtung, oder Dichtigkeit des Lichts an der erleuchteten Fläche (die du nicht mit eigener Dichtigkeit des Lichts oder Glanz verwechseln mußt) verhält sich also wie Größe und Glanz der Flamme, Sinus des Neigungswinkels und umgekehrt wie Quadrat der Entfernung.

W. Ich sehe ein, daß es richtig ist, wenn Sie es mir vorsagen; aber es wird mir doch schwer, die vielen Worte zu behalten, und die Verhältniß so recht zu begreifen. Sie haben mir schon sonst bey ähnlichen Lehren durch Bezeichnung mit Buchstaben geholfen; ich glaube, daß mir dies hier auch die Sache erleichtern würde.

V. Ich bin selbst dieser Meynung. Einen Ausdruck in Buchstaben übersieht man mit einem Blick, wie eine geometrische Figur. Alle Verbindungen, welche die Größen mit einander eingehen, sind dem Auge dicht zusammengedrängt dargestellt. Uebrigens kann es nicht schaden, wenn du dich anstrengst, Schlüsse und Combinationen auch in der weitläuftigern Wortsprache ausgedrückt, zu verfolgen: wobey allerdings das Gedächtniß und die Einbildungskraft mehr arbeiten muß.

Wenn

Wenn wir also unsere vorhin gefundenen Sätze in Buchstaben ausdrücken wollen, so mag die Bezeichnung folgende seyn. Ich will sie dir dictiren.

Die Größe der Flamme oder die Menge der leuchtenden Punkte sey $= p$.

Die eigene Dichtigkeit oder der Glanz der Flamme $= g$.

Der körperliche Winkel oder die Ecke, in die das Licht ausströmt $= e$.

Die ausströmende Lichtmenge in diese Ecke $= l$.

Es ist folglich unsere erste Hauptgleichung diese:

I. $l = p.g.e$; das heißt die in eine Ecke ausströmende Lichtmenge ist gleich oder verhält sich wie die Grösse der Lichtflamme, die eigene Dichtigkeit des Lichts und die Größe der Ecke miteinander multiplicirt; und wenn wir die sphärische Fläche, welche zu der angenommenen Ecke für den Halbmesser c gehört, durch f bezeichnen, so verhält sich e wie $\frac{f}{c^2}$ und wir können den obigen Ausdruck auch so verändern $l = \frac{pgf}{c^2}$. Die Lichtmenge, welche in die ganze Sphäre umher gestrahlt wird, verhält sich wie pg, und eben so, wenn gleiche Ecken angenommen werden.

Also $g = \frac{m}{p}$, das heißt der Glanz verhält sich wie die Lichtmenge nach allen Seiten, dividirt durch die Grösse der Flamme.

Hast du diese Ausdrücke für das ausströmende Licht verstanden?

W. Vollkommen.

V. Nun wollen wir noch ein Paar Größen für das auf eine kleine Stelle einer Ebene auffallende Licht bezeichnen. Es sey die Größe dieser Stelle $= q$, ihre Entfernung von der Lichtflamme $= c$; der Winkel, unter welchem sie gegen den mittlern Lichtstrahl geneigt ist $= \varepsilon$, die sämtlich auffallende Lichtmenge $= m$. Die Stärke der Erleuchtung oder Dichtigkeit des Lichts an der erleuchteten Fläche $= d$; so ist nun unsere zweyte Hauptgleichung diese:

II. $m = \frac{p \cdot g \cdot q \cdot \text{sin.}\,\varepsilon}{c^2}$ das heißt, die sämtliche auffallende Lichtmenge verhält sich wie Größe der Flamme, Glanz derselben, Größe der beleuchteten Stelle und Sinus des Neigungswinkels mit einander multiplicirt und mit dem Quadrat der Entfernung dividirt. Du wirst dich erinnern, daß dies der Ausdruck war, den wir vorhin herausgebracht hatten.

W. Es war eben der, bey welchem es mir etwas schwer wurde, ihn in Worten zu übersehen und zu behalten.

V. Für die Dichtigkeit des Lichts über der erleuchteten Fläche oder für die Stärke der Erleuchtung haben wir dann $d = \frac{m}{q}$, oder, welches einerley ist, $d = \frac{p g \sin. \varepsilon}{c^2}$. Das heißt: die Stärke der Erleuchtung verhält sich wie Größe der Flamme, Glanz derselben, und Sinus des Neigungswinkels mit einander multiplicirt, und mit dem Quadrat der Entfernung dividirt; welches der Satz war, den wir zuletzt gefunden hatten.

23.

Ungleichförmige Beleuchtung einer Ebene von einer Lichtflamme.

W. Sie nannten vorhin bey dem Neigungswinkel einen mittlern Strahl, es war mir nicht recht klar, warum?

V. Wenn das Licht von einem Punkte ausgeht, und die beleuchtete Ebne nicht so weit vom leuchtenden Punkte entfernt ist, daß man die Strahlen, die auf ihre Gränzen fallen, für parallel ansehen darf, so machen die Strahlen verschiedene Winkel mit der Ebene. Für den Neigungswinkel nahm ich daher den an, welchen die beleuchtete Stelle der Ebene mit dem auf ihre Mitte fallenden Strahl macht. Man hält ein Blatt Papier senkrecht gegen das Licht, wenn der Lichtstrahl, der die Mitte trifft, senkrecht auf die Ebene des Blatts ist. Ist der leuchtende Punkt unendlich weit entfernt, das heißt, so weit, daß die übrigen Größen (wie nämlich hier die Dimensionen des Papiers) dagegen für Nichts zu achten sind, so sind die auffallenden Strahlen alle parallel und der Neigungswinkel bey jedem Strahl und an jeder Stelle der Ebne derselbe.

W. So ist es gewiß bey den Strahlen, die von einem Punkte der Sonne oder des Mondes kommen.

V. Richtig; denn die Entfernung des Mondes, und noch weit mehr der Sonne, sind so ungeheuer groß, daß dagegen die Längen und Breiten der auf der Erde beschienenen Flächen, in keine Vergleichung kommen. Je näher aber der leuchtende Punkt der beleuchteten Ebene kömmt, desto merklicher wird die Verschiedenheit der Neigungswinkel, unter welchen die divergirenden

Licht-

Lichtstrahlen auf die Ebene fallen, und muß dies nicht auch eine verschiedene Beleuchtung auf den verschiedenen Stellen der Ebene verursachen?

W. Nothwendig! Diejenigen Stellen, wo der Neigungswinkel ein rechter ist, oder wenig von einem rechten Winkel abweicht, müssen eine stärkere Erleuchtung erhalten, als die, wo die Strahlen sehr schief auffallen.

V. Eine Ebene kann also von einer Lichtflamme nicht gleichförmig erleuchtet werden. Wir können dies (was aus unserer vorhin aufgesetzten Formel folgt) durch einen leichten Versuch bestätigen: oder vielmehr wir haben schon in diesem Augenblick die Bestätigung an der Wand vor unsern Augen, ohne erst eine Vorbereitung machen zu dürfen.

W. Ja! die Stelle der Wand gerade hinter dem Lichte ist viel heller erleuchtet als die weiter seitwärts und oberwärts liegenden.

V. Und zwar ist der Unterschied desto merklicher, die Beleuchtung nimmt desto schneller ab, je näher das Licht an die Wand gerückt wird.

W. Aber wenn nur eine sehr kleine Stelle der Ebene angenommen wird, so kann man doch wohl den Neigungswinkel aller darauf fallenden Strahlen für einerley und die Erleuchtung für gleichförmig annehmen?

V.

V. Da hast du ganz recht geurtheilt! Wenn man eine sehr kleine Ebene annimmt, deren Größe gegen die Entfernung vom Lichte in keine Vergleichung kommt, so sind die auf die Gränzen fallenden Strahlen auch hier wie parallel anzusehen. Eine unendlich kleine Ebene in einer endlichen Entfernung oder eine endliche Ebene in einer unendlich großen Entfernung, das ist hier gleichgültig. — Eine kleine Stelle, einer Wand, wie etwa ein Quadratzoll, von einer Lichtflamme etwa fünf Fuß entfernt, ist zwar noch bey weitem nicht unendlich klein gegen diese Weite, man kann aber doch die Erleuchtung schon ohne großen Fehler als gleichförmig annehmen, so wie eine ganze Wand eines großen Gebäudes, ja selbst ein als Ebene angenommenes Stück der Erdfläche von den Lichtstrahlen aus dem Mittelpunkte der Sonne gleichförmig erleuchtet wird. Du wirst gewiß innerhalb einer solchen Stelle von 1 Quadratzolle keine Verschiedenheit der Erleuchtung bemerken.

W. Nein, für mein Auge ist sie wenigstens ganz unmerklich. Auch selbst dies Blatt eines Buchs scheint mir am Rande und in der Mitte noch gleich stark erleuchtet.

V. In der Entfernung, wie du es jetzt hältst; wenn du es aber ganz nahe an das Licht bringst, so wirst du schon finden, daß der Unterschied nicht unmerklich ist, sondern, daß die

Stelle,

Stelle, welche senkrecht von den Lichtstrahlen getroffen wird, heller ist als die übrigen.

24.

Lichtflammen von gleicher Größe und Stärke.

W. Wie die Helligkeit so schnell zunimmt, wenn man das Papier der Lichtflamme nähert!

V. Du weißt jetzt, nach welcher Verhältniß?

W. Nach der umgekehrten Verhältniß der Quadrate der Entfernung. Wenn ich es erst zwey Fuß, und dann nur einen Fuß von der Flamme halte, so ist in der letzteren Entfernung die Beleuchtung viermal so groß als in der ersteren.

V. Wenn du also in der doppelten Entfernung das Blatt eben so stark erleuchtet haben wolltest als in der einfachen, was müßte geschehen?

W. Das Licht müßte viermal stärker seyn.

V. Eigentlich war das nicht ganz richtig ausgedrückt. Unter Stärke des Lichts verstehen wir, wie ich dir gesagt habe, die eigene Dichtigkeit, die mit dem Glanze einerley ist. Dein Ausdruck wäre also nur ganz richtig, wenn gleiche Größe der Flamme angenommen wird. Allgemeiner und richtiger hättest du also sagen sollen, die Lichtmenge müßte viermal größer seyn; und wie wäre das zu erhalten?

W. Ich müßte, statt einer Flamme, vier Flammen anzünden.

V. Von einerley Größe und Glanz versteht sich.

W. Ja, das setzte ich voraus.

V. Wir müßten uns also zuerst wohl einige Flammen, die einander völlig gleich wären, zu verschaffen suchen, wie wäre aber das zu machen?

W. Das würde sich wohl nach dem Augenmaaß machen lassen. Wir suchen zwey Kerzen von gleicher Dicke und von gleichem Dochte aus; hernach können wir es durch Abputzen des Dochts wohl ohne Mühe dahin bringen, daß sie uns gleich große und gleich helle Flammen geben.

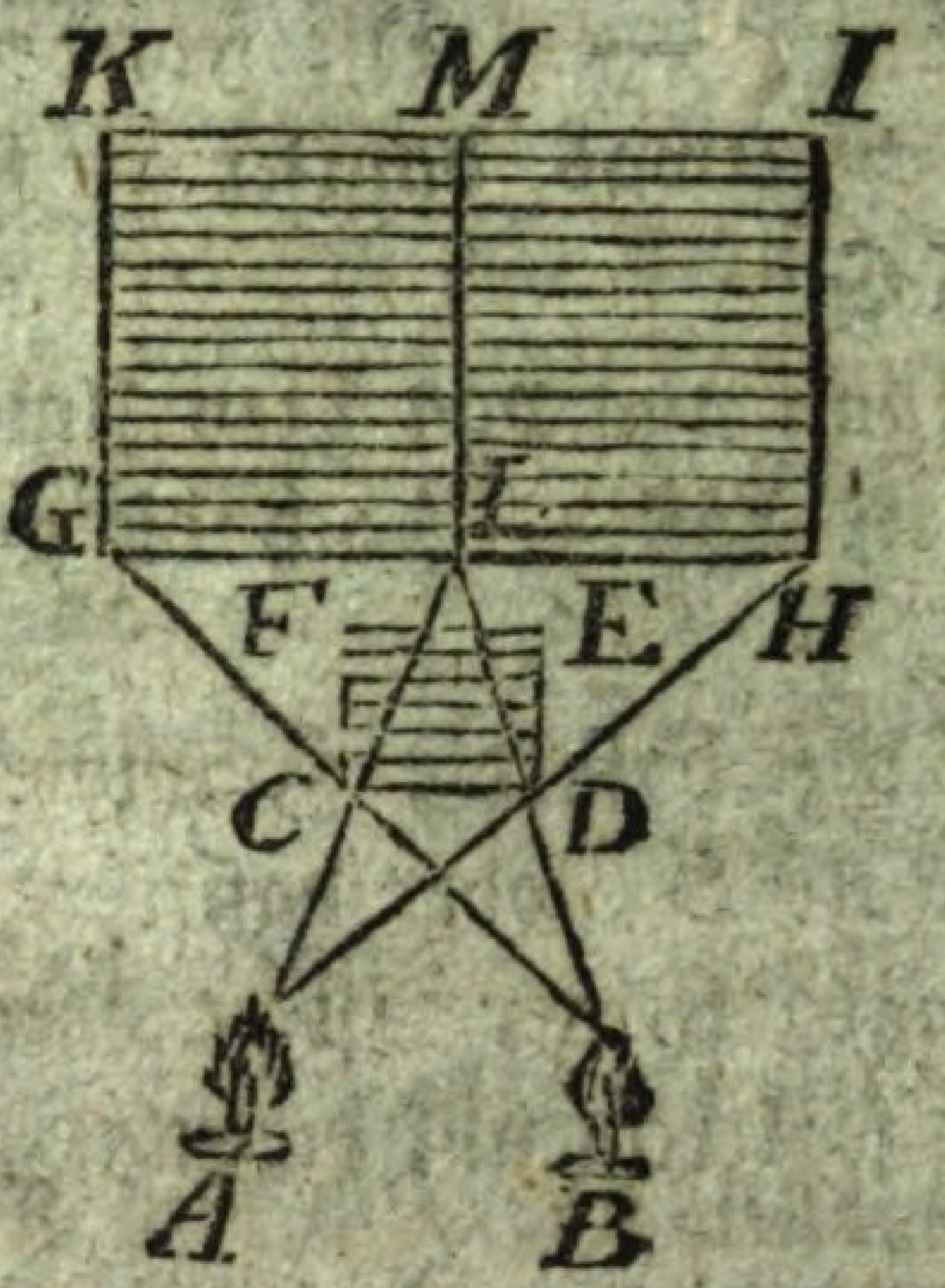
V. Diese Bestimmung scheint mir doch noch etwas zu unsicher. Das Augenmaaß werden wir freylich dabey zu Rathe ziehen müssen. Aber es möchte doch leicht um ein Beträchtliches trügen, wenn wir dadurch unmittelbar, indem wir

die

die Augen gegen die Flamme richten, den Glanz und die Größen dieser letzteren vergleichen wollten. Es giebt noch ein besseres Mittel, wobey uns das Augenmaaß sicherer leiten kann. Scheint es dir nicht selbst so, daß du sicherer beurtheilen könnest, ob eine Wand an einer Stelle eben so helle sey als an einer andern, wie die Gleichheit der Flammen?

W. Ich glaube allerdings, daß ich mich dabey nicht viel irren würde.

V. So wollen wir also dies Mittel anwenden, um zwey oder mehrere gleiche Lichtflammen zu finden, die also gleiche Lichtmengen verbreiten und zum Maaße dienen können. Haben wir diese gefunden, so können sie uns nachher dienen, um daraus zusammengesetzte Lichtflammen von beliebiger Größe zu machen, indem wir mehrere dicht neben einander stellen. Wir wollen jetzt den Versuch anstellen. Es wird nicht viel Vorbereitung dazu nöthig seyn; ein Paar Wachskerzen, die uns Licht, und ein dunkler Körper, etwa ein großes Buch, was uns Schatten giebt, das ist alles. Du kannst aus meiner Bibliothek einen von den dicken Quartanten, aus dem hintersten Fache nehmen, worauf der meiste Staub liegt, die sind, um etwas dunkel zu machen, recht gut zu gebrauchen.



— Wilhelm brachte einen solchen geschleppt. Zwey Wachslichter wurden angezündet in A und B gesetzt, so daß die Entfernungen von der Wand ungefähr gleich waren. Der Quartant wurde auf einen Tisch zwischen den Lichtern und der Wand gestellt, und so lange verrückt, bis der eine Schatten L M I H, der durch Verdeckung des Lichtes A entstand, mit dem andern L M K G, der von Verdeckung des Lichtes B herrührte, in einer Linie L M zusammen gränzte.

V. Hier haben wir nun zwey beschattete Flächen vor Augen, die wir sicherer vergleichen können als zwey Flammen. Die Fläche L M I H wird allein von dem Lichte B, die nebenliegende L M K G allein von dem Lichte A erleuchtet. Nicht wahr?

W.

W. So ist es. — Die Flächen L M I H scheint mir noch etwas dunkler zu seyn als die andere L M K G.

V. Das kann nun von drey Umständen herrühren, entweder daß — doch du weißt das ja selbst.

W. Entweder daß die Flamme A größer und glänzender als B, oder daß ihre Entfernung von der Wand kleiner ist, oder daß ihre Strahlen mehr senkrecht auf die Fläche L M K G fallen.

V. Die Entfernungen haben wir wohl ohne merkliche Fehler gleich gemacht, auch weichen die Strahlen, die von A und B an den Ecken des Buchs vorbey nach L und M gehen, wohl nicht sehr von der senkrechten Richtung, wenigstens ist der Winkel, unter welchem sie auf die Wand treffen, nicht so verschieden, daß dies eine so merkliche Verschiedenheit in der Beleuchtung geben könne.

W. Es muß also an den Lichtflammen selbst liegen. Ich will also eine andere Kerze aussuchen, oder die eine durch Ausbreitung des Dochts etwas heller brennen lassen.

V. Woher mag das kommen, daß Kerzen und Lampen heller brennen, wenn man den Docht ausbreitet?

W. Vermuthlich weil die Flamme dadurch vergrößert wird.

V. Die Masse des Dochtes bleibt gleichwohl dieselbe; was dieser an Breite gewinnt, verliert er an Dichtigkeit. Die Menge des im Dochte aufsteigenden brennbaren Materials, Oel, Talg, Wachs, mochte also wohl dieselbe seyn, der Docht sey ausgebreitet oder nicht. Der Grund der größeren Helligkeit der Flamme liegt vielmehr darin, daß durch das Ausbreiten des Dochts mehr Oberfläche desselben dem Zugange der Luft ausgesetzt wird. Ein brennbarer Körper brennt nur, in sofern er mit reiner Luft in Berührung ist. Bey einem dichten zusammengewickelten Docht können die im Innern desselben enthaltenen Oeltheile nicht von reiner Luft berührt werden, und folglich nicht vollkommen verbrennen. Diese geben also kein Licht, sondern nur Dampf, oder richtiger: Rauch.

W. Ich habe das auch schon bey schlechten Talglichtern bemerkt; wenn ich den Docht mehr ausbreite, so rauchen sie nicht so sehr. Deshalb brennt denn auch wohl die Lampe mit dem breiten bandförmigen Dochte, die Sie sich von Nordhausen kommen ließen, und die Argandsche mit dem cylinderförmigen Docht so helle.

V. Eben aus der Ursache, weil die Luft besseren Zugang hat — besonders bey der Argandschen Lampe. So wie das Feuer durch Anblasen mit einem Blasebalg heller brennt, oder im Windofen sich selbst, so zu reden, anbläset, so auch bey dieser Lampe. Ich will dir ihre Einrich-

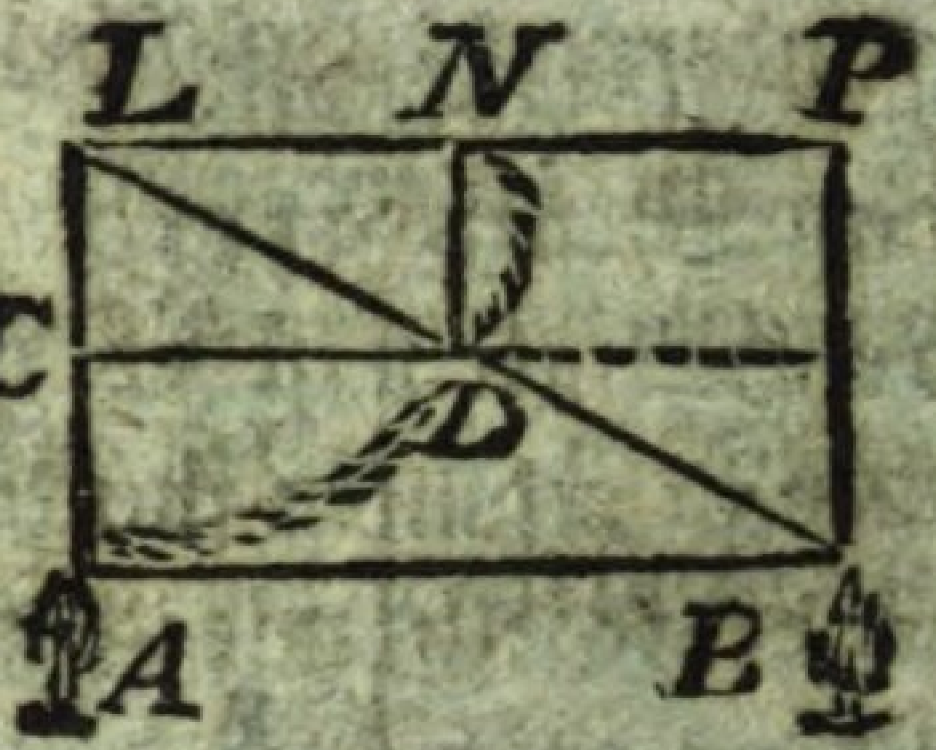
richtung ein andermal ausführlicher erklären, denn ich zweifle, ob du sie schon ganz eingesehen hast. Jetzt wollen wir bloß ihr Licht mit dem Kerzenlicht vergleichen, zuvor aber noch durch einige gleiche Wachskerzen die gefundenen Gesetze bestätigen.

25.

Photometrische Versuche.

Zuerst wollen wir das Gesetz vom Abnehmen der Erleuchtung nach den umgekehrten Quadraten der Entfernung vornehmen.

In einiger Entfernung von der Wand stellen wir ein Licht; in einer doppelten Entfernung müßten nun vier gleiche, in einer dreyfachen Entfernung neun zusammengestellt werden, wenn die Stellen der Wand auf beyden Seiten gleich erleuchtet scheinen sollen. Wir stellen hiebey die Flammen so, daß die Strahlen ziemlich unter gleichen Winkeln auf die Wand fallen.



Um das Gesetz vom Sinus des Einfallswinkels zu bestätigen, setzen wir hier in A in der Entfernung von einer Elle eine einzige Lichtflamme, welche die Stelle der Wand L senkrecht beleuchtet. Am bequemsten können wir nun an L einen Winkel DLN von 30 Graden ansetzen. Der Sinus von 30 Graden ist gerade die Hälfte des Halbmessers. Wir nehmen also eine Schnur, halten das eine Ende an L und beschreiben mit der Weite LA einen Kreis, halbiren LA in C, und ziehen parallel mit der Wand die gerade Linie CD. Von L aus legen wir die Schnur durch den Punkt D, und nehmen sie doppelt so lang als LD, nämlich zwey Klaftern, so haben wir den Punkt B, welcher senkrecht eben so weit, nämlich um die Linie BP von der Wand entfernt ist, wie der Punkt A. In B setzen wir eine zusammengesetzte Flamme. Diese beleuchtet die Stelle der Wand rechter Hand bey L unter einem Winkel von 30 Graden; dagegen die Flamme in A die gleich danebenliegende Stelle linker Hand von L senkrecht beleuchtet. Wir sehen, daß, wenn in B ein Licht steht, jene Stelle weit schwächer erleuchtet ist, als dies. Wir vermehren

mehren also die Anzahl des Lichts in B, bis uns die beyden Stellen gleich helle erscheinen. Denn gleiche Helligkeit ist es, die wir bey allen solchen Versuchen zu erhalten suchen; Gleichheit der Erleuchtung beurtheilt, wie ich schon bemerkt habe, unser Auge ziemlich richtig durch den unmittelbaren Anblick, aber über Verhältniß ungleicher Grade müssen wir uns durch Schlüsse zu helfen suchen. Wir finden also, daß wir in B ein aus acht Lichtern zusammengesetzte Flamme stellen müssen, um bey L dieselbe Beleuchtung zu bewirken. Dies stimmt nun auch in der That vollkommen mit unserm vorhin gefundenen Gesetze vollkommen überein: denn die Entfernung BL ist doppelt so groß als die Entfernung AL; deshalb die Beleuchtung von gleichen Flammen viermal schwächer, und der Sinus von 30 Graden ist die Hälfte vom Halbmesser; deshalb die Beleuchtung zweymal schwächer, überhaupt also die Beleuchtung von gleichen Flammen aus B achtmal schwächer als aus A, mithin müssen acht gleiche Flammen in B gesetzt, die Stelle L erst so stark erleuchten, als eine einzige in A.

So wie wir hier einen Winkel von 30 Graden genommen haben, so würden wir bey jedem andern Winkel dasselbe Gesetz bestätigt finden.

26.

Fortsetzung.

Wir haben bey diesem Versuche Flammen von gleichem Glanze genommen. Nun können wir aber auch Flammen von ungleichem Glanze nehmen, um diesen Glanz selbst, das heißt: Verhältniß desselben zu finden.

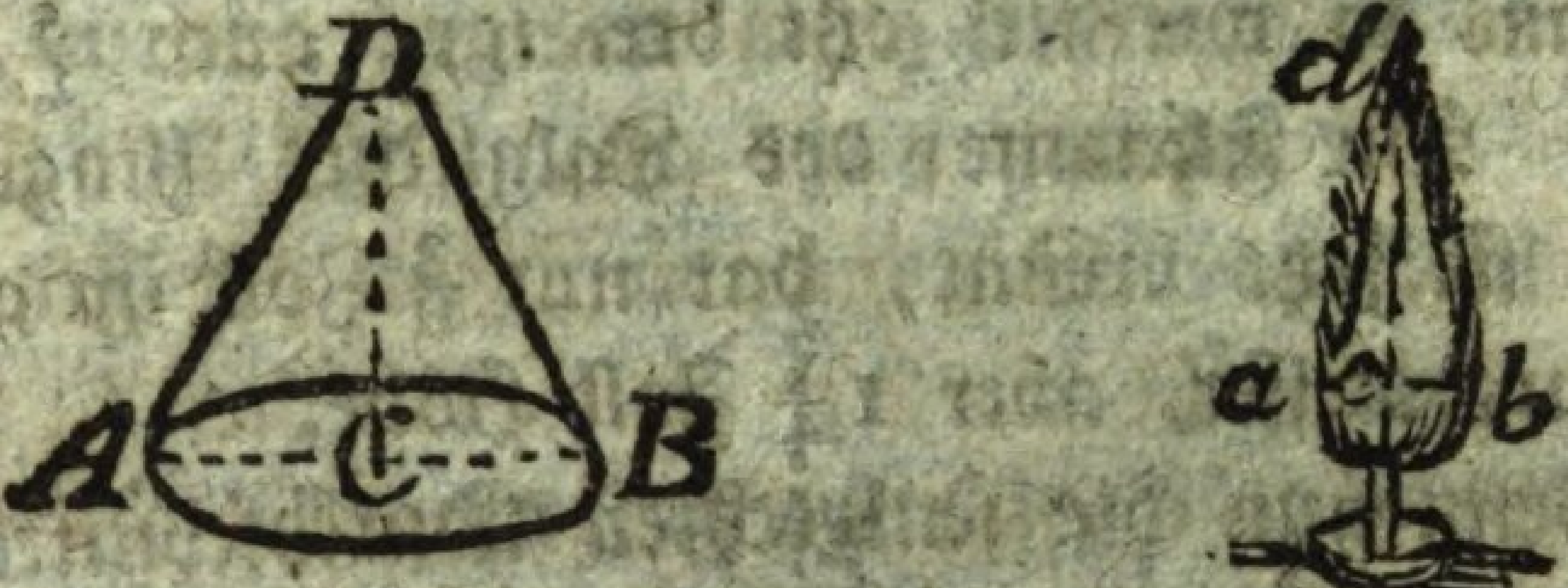
So wollen wir nun den Glanz der Argandschen Lampe mit dem eines Talglichtes zu vergleichen suchen. Um nicht unnöthiger Weise Verschiedenheiten in den Versuch einzuführen, nehmen wir die Stellung der Lichtflamme, so daß die Erleuchtung auf die Stelle der Wand, die uns zur Untersuchung dienen soll, ziemlich senkrecht, wenigstens nicht von der einen Seite schiefer als von der andern sey, so haben wir uns um keinen Sinus des Einfallswinkels zu bekümmern.

Ein Umstand freylich, der nun die Sache etwas erschwert, ist der, von verschiedenen Flammen, zumal von solchen, die nicht einerley Form haben, wie die von der Kerze und von der Argandschen Lampe, die Größen richtig zu vergleichen; und dann ist auch immer einige Unbestimmtheit darin, ob man die körperliche Größe oder die Größe der dem dunkeln Körper zugekehrten

kehrten Fläche nehmen müsse. Wir haben zwar bisher körperliche Größe angenommen, in der Voraussetzung, die Flammen seyen durchsichtig, was sie aber wenigstens nur unvollkommen sind. Hier wollen wir die Flächengröße der von der erleuchteten Stelle aus gesehenen Seite der Flamme nehmen. Dabey setzen wir indessen nicht das Gegentheil vom vorigen voraus, ich meine, wir nehmen nicht an, daß bloß die Fläche leuchte. Die inneren Theile der Flamme senden auch Licht durch, aber eben dieses durchscheinende Licht verstärkt die Dichtigkeit des ausstrahlenden Lichts überhaupt, das heißt, es verstärkt den Glanz. Was also die inneren Theile der Flamme thun, oder was von der Durchsichtigkeit derselben herrührt, das ist in dem Ausdruck: Glanz, mit einbegriffen. In der That ist auch dies dem Sprachgebrauch gemäß. Wenn wir die Flammen zweyer Wachslichter erst neben einander stellen, so bekommen wir ihr Licht von jeder besonders; stellen wir sie nun so, daß beyde mit unserm Auge in einer geraden Linie liegen, dicht hinter einander, so bekommen wir ihr Licht vereinigt, das Licht der hinteren Flamme, wenigstens ein Theil davon, geht durch die vördere hindurch, und das Licht, was nun dißseits der vörderen Flamme hervorstrahlt, wird dadurch verdichtet. Jeder, der so die sich deckenden Flammen betrachtet, wird sagen: die Größe, in sofern ich

sie sehe, (das heißt, die Flächengröße) ist dieselbe, aber der Glanz ist stärker.

Diese Größe der von der beleuchteten Stelle aus gesehenen leuchtenden Fläche, ist aber nichts anders, als die Größe des Durchschnitts der Flamme.



So sey zum Beyspiel die gesehene Größe der Flamme der Argandschen Lampe die dreyeckichte Figur ABD, und die eines kleinen Wachsstocks abd. Es sind freylich keine geometrische geradlinichte Drepecke; die Argandsche Flamme insonderheit ist wegen des durchgehenden Luftzuges oben offen, und ihr hohler conischer Körper endigt sich nicht in eine Spitze. Je nachdem man den Dochthalter etwas höher oder niedriger stellt, wird die Flamme höher zu einer Spitze auflodern, oder niedriger fast cylindrisch brennen; zuweilen hat sie beynahe die Figur einer Bischofsmütze. Indessen können wir doch wohl die Flächengröße des senkrechten Durchschnitts bey zweyen Flammen ohne bedeutenden Fehler bestimmen; auch selbst durch höhere und niedrigere Stellung des Dochthalters bey der Lampe die

Flamme

Flamme so einrichten, daß ihre Größen (ich meyne immer die der senkrechten Durchschnitte) einander gleich werden.

Die Flamme der Argandschen Lampe hat (wie wir durch Vergleichung mit einem nahe daran gehaltenen Maaßstabe, oder auch mit dem Zirkel finden) etwa $\frac{5}{8}$ Zoll im untern Durchmesser, und so wie sie jetzt brennt, auch $\frac{5}{8}$ Zoll Höhe. Die Flamme des Talglichts hingegen, so wie sie jetzt brennt, hat nur $\frac{3}{8}$ Zoll im größten Durchmesser, aber $1\frac{1}{4}$ Zoll Höhe.

Wenn nun die senkrechten Durchschnitte der Flammen sich wie die Produkte aus diesen Dimensionen verhalten, (welches man ohne Fehler annehmen kann, weil sich eigentlich Dreyecke wie die Produkte aus Grundlinien und Höhen verhalten) so wäre die Verhältniß derselben wie $\frac{5}{8} \cdot \frac{5}{8}$ zu $\frac{3}{8} \cdot \frac{10}{8}$, das ist, wie 25 zu 30, oder wie 1 zu $1\frac{1}{5}$. Der Durchschnitt durch die Axe der Talglichtflamme ist also wirklich um ein Fünftheil größer, als der Durchschnitt durch die Axe der Lampenflamme. Oder wenn wir die Fläche des Durchschnitts der Kerzenflamme $=$ 1 setzen, so ist die des Durchschnitts der Argandschen Lampenflamme $= \frac{5}{6}$. Gleichwohl finden wir, wenn wir beyde in gleichen Entfernungen von der Wand stellen, daß die Lampe einen schwärzeren Schatten giebt, als das Talglicht, das heißt, daß die bloß vom letzteren erleuchtete

Stelle der Wand weniger Licht habe, als die von ersterer.

Wir rücken nun die Kerzenflamme näher, bis die Erleuchtungen gleich werden, und finden, daß dieses, so genau es unser Auge beurtheilen kann, dann Statt findet, wenn die Entfernung der Lampenflamme um $\frac{1}{3}$ größer, als die der Kerze, ist.

Die Intensität des Lichts aber oder der Glanz verhält sich, wenn Einfallswinkel und Erleuchtung, wie hier, gleich sind, wie Quadrate der Entfernung dividirt durch Größe der Flamme.

27.

Fortsetzung.

— Wollten Sie die Güte haben, unterbrach hier Wilhelm, — mir dies noch einmal zu erläutern.

V. Wir hatten doch vorhin für die Dichtigkeit des Lichts an der erleuchteten Fläche, das heißt, für die Stärke der Erleuchtung den Ausdruck gefunden: $d = \frac{p.g.\sin.\varepsilon}{c^2}$. Du hast ihn

vorhin

vorhin aufgeschrieben, und ich brauche dir denselben gewiß nicht mehr in Worte zu übersetzen.

W. Ich verstehe diesen Ausdruck noch recht wohl.

V. Wenn wir diese Formel auf beyden Seiten mit dem Quadrat der Entfernung (c^2) multipliciren, so erhalten wir $d\,c^2 = p.\,g.\,\sin.\,\varepsilon$.

W. Das sehe ich ein.

V. Und wenn wir beyderseits wiederum mit $p.\,\sin.\,\varepsilon$ dividiren, so erhalten wir den Ausdruck für den Glanz, nämlich

$$g = \frac{d\,c^2}{p.\,\sin.\,\varepsilon}.$$

W. Auch das ist mir klar.

V. Nun wohl! In unserm Versuche haben wir die Erleuchtungen an der Wand gleich gemacht; auch den Einfallswinkel ε haben wir für beyde Flammen gleich, nämlich ungefähr einem rechten Winkel gleich genommen. Mithin brauchen wir diese Größen bey unserer Vergleichung des Glanzes nicht mehr in Betrachtung zu nehmen, und für unsern Fall verhält sich also der Glanz g wie $\frac{c^2}{p}$.

W. Nun verstehe ich, was Sie eben vorher sagten, daß der Glanz sich verhalte wie Quadrat

drat der Entfernung, dividirt durch Größe der Flamme.

V. Du wirst also auch die Berechnung für unsern vorliegenden Fall selbst leicht machen können.

W. O ja! Die Entfernungen der Kerze war 1, die der Lampe $1\frac{1}{3} = \frac{4}{3}$. Die Quadrate dieser Zahlen sind 1 und $\frac{16}{9}$.

Die Durchschnitte aber verhielten sich wie 1 zu $\frac{5}{6}$. Also die Quadrate der Entfernung mit diesen Durchschnitten dividirt, oder der Glanz wie 1 zu $\frac{16}{9}$ dividirt durch $\frac{5}{6}$ oder wie 1 zu $\frac{16.6}{9.5}$, das ist, wie 1 zu $\frac{96}{45}$, oder wie 1 zu $2\frac{6}{45}$. Das hieße also: die Flamme der Argandschen Lampe hat mehr als noch einmal so starken Glanz, als die der Kerze.

V. Du hast die Verhältniß ganz richtig berechnet. So hätten wir denn die Verhältniß des Glanzes gefunden. Wir wollen nun auch suchen, wie vielmal stärker die Beleuchtung z. B. eines Blattes Papier, worauf wir schreiben, oder eines Buchs, worin wir lesen, bey der Argandschen Lampe ist, als bey dem Talglicht, in gleicher Entfernung, und bey gleicher Lage des Blatts gegen das Licht. Wir finden das aus unserm obigen Ausdruck

$$d = \frac{p.g.\sin.\varepsilon}{c^2}$$ sehr leicht.

Für

Für unsern Fall soll bey beyden Flammen sowohl *ε* als c gleich seyn, folglich verhält sich die Erleuchtung, wie p. g, das heißt, wie Durchschnitts-Größe der Flamme multiplicirt mit dem Glanze. Wir können es auch so ausdrücken: Die Erleuchtung bey gleicher Entfernung und Einfallswinkel verhält sich wie das Quadrat der Entfernung bey gleicher Erleuchtung und Einfallswinkel. Das Weitere zu berechnen überlaß ich dir.

W. Die Größen des Durchschnitts der Flamme verhielten sich wie 1 zu $\frac{5}{6}$; der Glanz, wie 1 zu $2\frac{2}{15}$.

Größe und Glanz mit einander multiplicirt, geben also bey dem Talglicht 1 bey der Argandschen Lampe $\frac{5}{6} \cdot \frac{32}{15} = \frac{16}{9} = 1\frac{7}{9}$. Also letztere giebt bey gleicher Entfermung und Lage $1\frac{7}{9}$, also beynahe zweymal soviel Licht, als das Talglicht.

V. Die Rechnung ist richtig. Ich muß dich aber bemerken lassen, daß wir der Argandschen Lampe, in Vergleichung mit dem Talglicht, beträchtlich größeren Effekt zuschreiben können: denn wir brauchen den Docht nur äußerst wenig weiter aufzuschieben, sogleich haben wir eine grössere Flamme und Erleuchtung. Bey dem Talglichte hingegen würde selbst schon die jetzige Größe der Flamme zum Gebrauch beym Lesen und Schreiben unbequem seyn, wegen des Flakterns;

kerns; will man eine einigermaaßen ruhig brennende Flamme haben, so muß der Docht schon kürzer abgeputzt, und die Flamme kleiner seyn. Die Lampen haben darin einen großen Vorzug vor den Kerzen, daß sie eine ruhige und immer in derselben Höhe brennende Flamme geben, und nur etwa vor dem Anzünden einmal abgeputzt zu werden brauchen.

28.

Vergleichung des Lichts von Talgkerzen und Lampen.

W. Wollen wir nicht auch für die Lampe aus Nordhausen mit dem breiten Docht eine Vergleichung suchen?

V. Gerne! ich freue mich, daß dir diese Versuche Vergnügen machen. Auch mit der Argandschen wollen wir noch den Versuch etwas abändern, indem wir den Docht etwas höher heraufschieben, wie ich eben sagte. Das dicke Buch, was wir zum Schattenmachen gebrauchen, können wir allenfalls entbehren. Ein schmälerer Körper, der sich leichter handhaben läßt,

läßt, zum Beyspiel ein etwas breites Lineal, thut uns dieselben Dienste; wir können es beliebig näher oder weiter halten, so, daß die beyden Schatten an der Wand die verlangte Lage bekommen, und haben noch den Vortheil, daß wir wegen der geringen Breite des Lineals, die Flammen in näher an einander hinlaufenden Linien stellen können, wodurch die beschatteten Stellen um so mehr ziemlich senkrecht von der anderen Flamme beleuchtet werden. Wir müssen übrigens Acht haben, daß beyde Flammen, welche verglichen werden sollen, gleich hoch stehen. Die Flamme der Kerze wollen wir in einer festgesetzten Entfernung von 1 Fuß (12 Zollen) von der Wand stellen, und die Entfernung der Lampe nach Befinden abändern.

Es wird dir eine bessere Uebersicht gewähren, wenn wir unsere theils durch Messung, theils durch Rechnung gefundenen Größen tabellarisch ordnen.

Bey unserm ersten Versuche, welchen wir vorhin anstellten, war	bey dem Talglichte	bey der Argandschen Lampe
Entfernung von der Wand, bey gleich dunklen Schatten, das heißt, bey gleicher Erleuchtung .	1 Fuß	$1\frac{1}{3}$ Fuß
Quadrat der Entfernung	1	$\frac{16}{9}$

Un-

	bey dem Talglichte	bey der Argandschen Lampe
Unterer Durchmesser der Flamme	$\frac{3}{8}$ Zoll	$\frac{5}{8}$ Zoll
Höhe (oder Länge) der Flamme	$1\frac{1}{4}$ Zoll	$\frac{5}{8}$ Zoll
Verhältniß des Durchschnitts durch die Axe der Flamme . . .	$\frac{3}{8} \cdot \frac{10}{8}$	$\frac{5}{8} \cdot \frac{5}{8}$
oder . . .	30	25
oder . . .	1	$\frac{5}{6}$
Verhältniß des Glanzes, wie Quadrat der Entfernung divid. durch die Fläche des Durchschnitts	1	$\frac{16}{9} : \frac{6}{5}$
oder . . .	1	$\frac{96}{45}$
oder . . .	1	2,133 ...
Verhältniß der Erleuchtung bey gleicher Entfernung, wie Produkt aus Größe und Glanz der Flamme . . .	1	$\frac{16}{9}$
oder . . .	1	1,777 ...

Bey unserm zweyten Versuche schieben wir den Docht der Lampe etwas höher, und finden nun folgendes:

Ent-

	bey d. Talg-lichte	bey der Argandschen Lampe
Entfernung von der Wand bey gleicher Erleuchtung	1 Fuß	$1\frac{2}{3}$ Fuß
Also Quadrat der Entfernung	1	$\frac{25}{9}$=2,777.
Unterer Durchmesser der Flamme, wie oben .	$\frac{3}{8}$ Zoll	$\frac{5}{8}$ Zoll
Höhe oder Länge der Flamme	$1\frac{1}{4}$Z.	$\frac{6}{8}$ Zoll
Verhältniß der Durchschnittsflächen . .	30	30
(beyde einander gleich) oder	1	1
Verhältniß des Glanzes, also wie Quadrat der Entfernung . . .	1	2,777. . .
Verhältniß der Erleuchtung bey gleicher Entfernung eben so . .	1	2,777 . . .

Bey dem dritten Versuche wollen wir die Abänderung machen, daß wir bey der Argandschen Lampe den Glascylinder weglassen, der zur Verstärkung des Glanzes nicht wenig beyträgt; übrigens wollen wir den Docht, wie beym vorigen zweyten Versuche, stehen lassen. Die Flamme schlägt jetzt höher auf, ist aber lange nicht so glänzend. Wir finden

Ent-

	bey dem Talglichte	bey der Argandschen Lampe
Entfernung von der Wand bey gleicher Beleuchtung. . .	1 Fuß	$1\frac{3}{8}$ Fuß
Also Quadrat der Entfernung . . .	1	$\frac{121}{64}$ = 1,890.
Unterer Durchmesser der Flamme . . .	$\frac{3}{8}$ Zoll	$\frac{5}{8}$ Zoll
Höhe oder Länge der Flamme . , .	$1\frac{1}{4}$ Zoll	1 Zoll
Verhältniß der Durchschnittsflächen .	1	$1\frac{1}{3}$
Verhältniß des Glanzes	1	1,417 . . .
Verhältniß der Erleuchtung bey gleicher Entfernung	1	1,890 . . .

(weit schwächer als mit aufgesetztem Glascylinder).

Bey dem vierten Versuche nehmen wir endlich die Lampe mit dem breiten bandförmigen Dochte, und finden:

	bey dem Talglichte	bey der Lampe mit breitem Docht
Entfernung von der Wand, bey gleicher Beleuchtung . .	1 Fuß	$1\frac{1}{6}$ Fuß
Quadrat der Entfernung	1	1,362 . . .

Un-

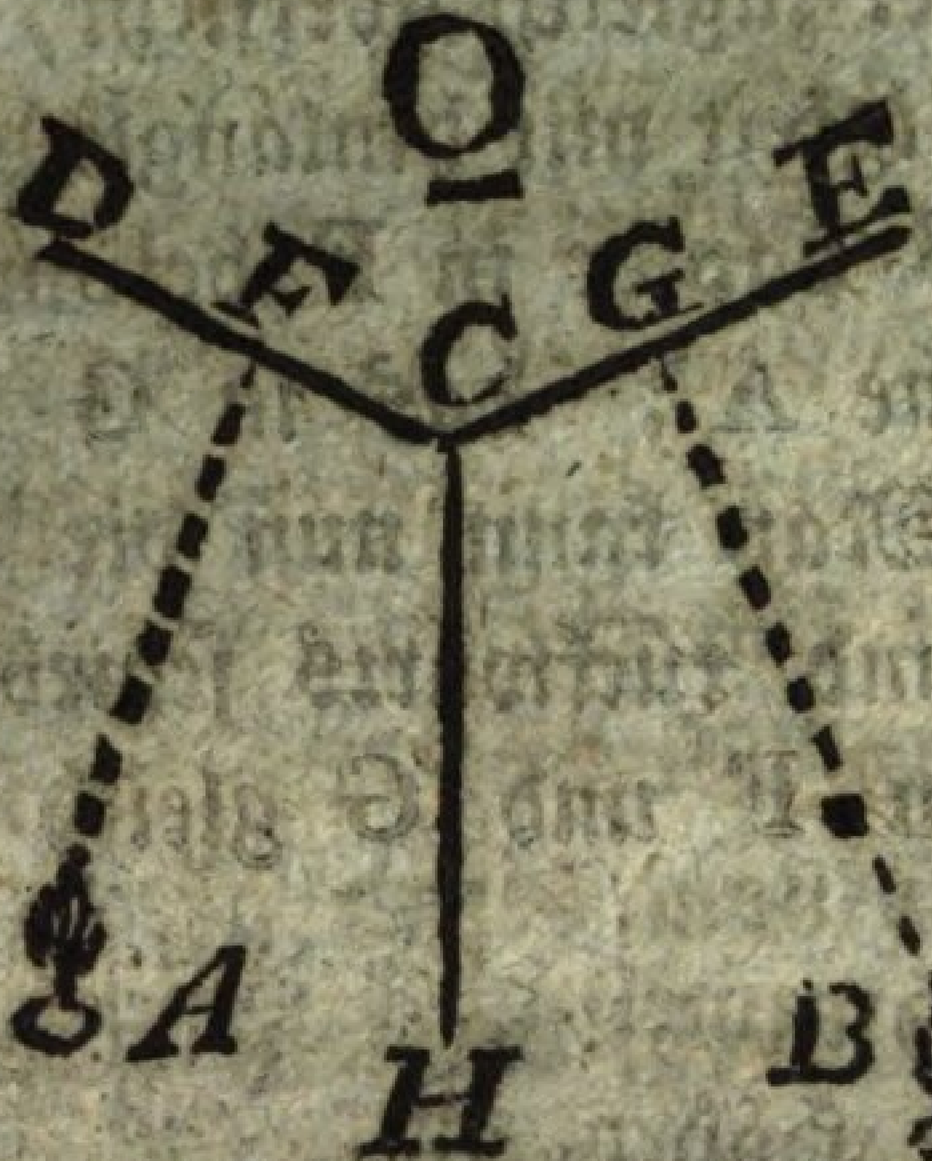
	bey dem Talglichte	bey der Lampe mit breitem Docht
Unterer Durchmesser d. Flamme . . .	$\frac{3}{8}$ Zoll	$1\frac{1}{8}$ Zoll
Höhe der Flamme .	$1\frac{1}{4}$ Zoll	$1\frac{1}{8}$ Zoll
Verhältniß der Durchschnittsfläche . .	1	2,7
Verhältniß des Glanzes	1	0,504
Verhältniß der Erleuchtung, bey gleicher Entfernung . .	1	1,362

Wir finden also hier den Glanz der Flamme vom breiten Dochte geringer, als den vom Talglicht, und die größere Helligkeit, welche diese Lampe gewährt, rührt also von der größeren Fläche der breiten Flamme her. Um aber der guten Nordhäuser Lampe nicht Unrecht zu thun, müssen wir bemerken, daß der Docht, den wir jetzt eben darin brennen, nicht vom besten ist. Mit besserem Dochte mag sie wohl beynahe eine eben so glänzende Flamme geben, wie die Kerze. Uebrigens was wir hier Glanz nennen, ist, wie ich schon vorhin bemerkte, mit eine Funktion der Dicke der Flamme. Will man unter Intensität des Lichts, den Glanz bey gleicher Dicke der Flamme verstehen, so ist diese Intensität des Lichts bey dieser Lampe ohne Zweifel größer, als bey der Kerze.

29.

Werkzeug zur Messung des Glanzes der Flammen.

Wir haben bey unsern Versuchen die Gleichheit der Erleuchtung aus den Schatten an der Wand geschlossen. Man kann dabey auch noch auf andere Weise verfahren.



Hier ist eine Vorrichtung von drey Stücken Pappe, die wir dazu gebrauchen wollen *). Der Bogen

*) Bonguer sur la gradation de la lumiere, p. 9. — — Ich finde jedoch, daß man die Gleichheit der Erleuchtung besser aus den Schatten

Bogen Pappe ist in der Mitte gebrochen, so daß er auf dem Tische stehen kann, und denselben in den Linien DC, CE berührt. Vom Scheitel C des stumpfen Winkels geht ein drittes Stück Pappe ab, CH, welches zum Beschatten dient, damit nicht Licht von beyden Flammen, die in A und B stehen, auf die Stellen F und G komme. In F und G (oder eigentlich senkrecht über diesen Punkten) sind zwey Löcher in die Pappe geschnitten, am besten von gleicher Gestalt und Größe, etwa kreisförmig kaum ½ Zoll im Durchmesser, und mit feinem halbdurchsichtigen Papier beklebt; wenn man nun in O das Auge hält, so daß man beyde Löcher zugleich übersieht, so kann man ihre gleiche Helligkeit mit hinlänglicher Sicherheit schätzen. Das Papier in F bekömmt nur Licht von der Flamme A; das in G bloß von der Flamme B. Man kann nun die eine Flamme so lange vor- und rückwärts schieben, bis man die Helligkeit in F und G gleich findet, und dann

ten beurtheilen kann, da nämlich diese gleich schwarz erscheinen, als aus der Helligkeit des durchscheinenden Papiers. Lambert brauchte auch die Schatten und Karsten bemerkt eben das. Ich habe meinen Lesern hier die drey Männer genannt, die sich das meiste Verdienst um diesen Theil der mathematischen Physik erworben haben. Die beyden ersten vorzüglich durch eigene neue Versuche.

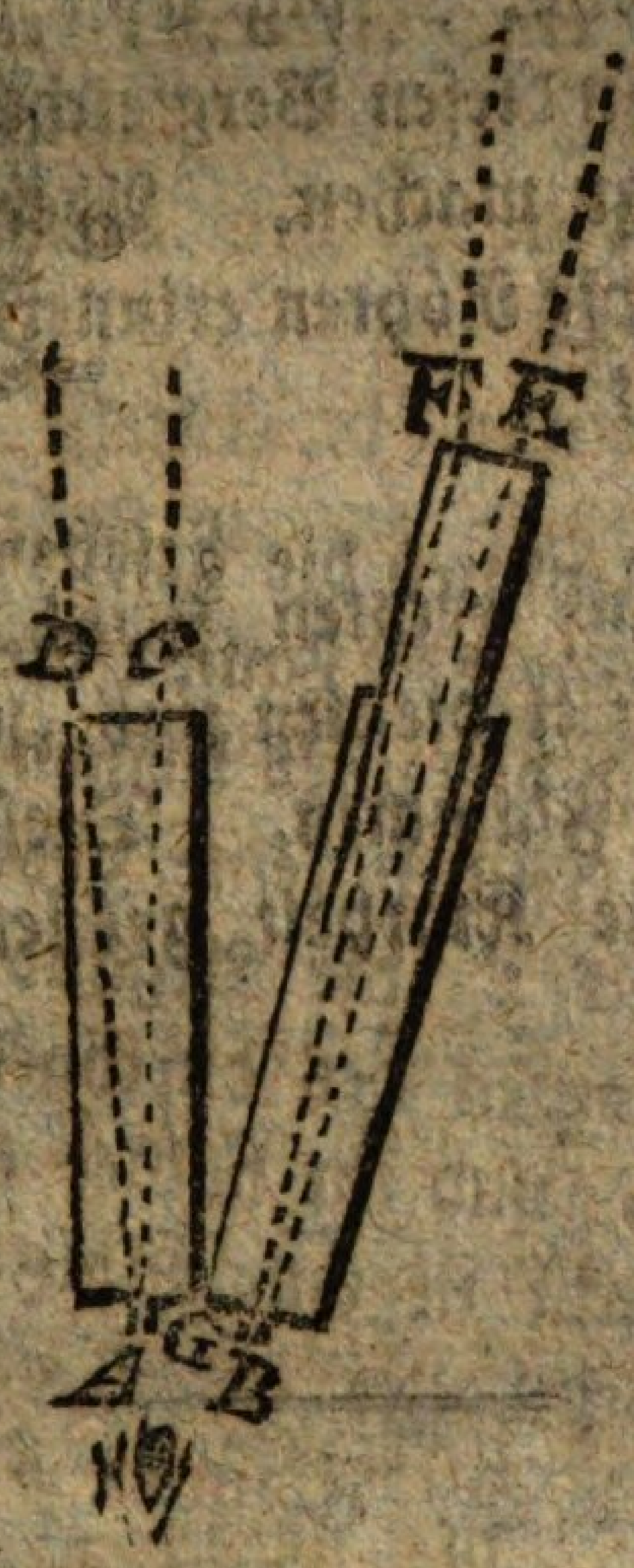
dann übrigens dieselben Schlüsse, wie bey unsern vorigen Versuchen, anbringen. Du kannst dir selbst das Vergnügen machen, auch auf diese Art den Glanz der Lampen und Kerzen zu vergleichen.

W. Ich werde es gewiß nicht unterlassen, denn es wird wohl nöthig seyn, daß ich mich noch mehrmals in diesen Vergleichungen übe, um sie mir geläufig zu machen. Aber dürfte ich Sie wohl wieder an die Röhren erinnern, die Sie mir erklären wollten!

V. Eben zur rechten Zeit! Unsere bisher gebrauchten Mittel dienten uns zur Vergleichung des Glanzes der Flammen. Diese Röhren sollen uns dienen, die Klarheit größerer Flächen zu vergleichen.

30.

Ein anderes Werkzeug zur Messung der Klarheit größerer Flächen.



Hier sind also die beyden Röhren, die du irrigerweise für ein doppeltes Fernrohr hieltest. Es sind nämlich bloße Röhren ohne Gläser, inwendig schwarz, damit alles fremde Licht abgehalten werde, und am hintern Ende bey G so mit einander verbunden, daß man sie unter einem

beliebigen Winkel gegen einander, jede nach einem beliebigen Gegenstande richten kann.

Die eine Röhre hat einen Auszug, durch den man sie wie ein Fernrohr verlängern und verkürzen kann. An dem vördern Ende, bey C und E, hat jede eine runde Oeffnung, von etwa einem Zoll im Durchmesser, an dem hintern Ende aber bey A und B eine kleinere, etwa $\frac{1}{3}$ Zoll im Durchmesser, mit feinem Papier beklebt, wie die Löcher in dem vorhin beschriebenen Werkzeuge.

Wenn man nun vermittelst dieses Instruments die Klarheit zweyer Flächen vergleichen will, so ist dazu zuvörderst nothwendig, daß kein Licht von andern Flächen, außer von jeder der beyden, die man zum Versuche bestimmt hat, nach A und B komme. Die äußersten Strahlen, die noch am Rande der vordern Oeffnung in die Röhren eindringen, und nach A und B kommen können, sind in der ersten DA, in der zweyten FB. Diese müssen also noch von den zu untersuchenden Flächen herkommen, das heißt, mit andern Worten: die Flächen müssen wenigstens so groß seyn, daß man außer ihnen nichts durch die Röhren übersieht, oder ihr scheinbarer Halbmesser muß wenigstens nicht kleiner als die Winkel CAD und EBF seyn.

Wenn nun die Röhren nach zwey solchen Flächen von ungleicher Klarheit gerichtet sind, so kann man durch Verlängerung der einen Röhre

es

es dahin bringen, daß die mit Papier beklebten Oeffnungen von gleicher Helligkeit erscheinen, wenn man nämlich das Auge hinter diese Oeffnungen hält, und es, um mit mehrerer Sicherheit zu schätzen, gegen anderes Licht bedeckt (wie wenn man in eine Camera obscura sieht).

31.

Erleuchtung von undurchsichtigen leuchtenden Flächen.

Das Instrument soll, wie ich vorhin bemerkte, dienen, um die Klarheit oder Helligkeit größerer Flächen zu vergleichen, sie mögen mit eigenem Lichte leuchten, oder selbst dunkel seyn, und ihr Licht von andern selbstleuchtenden Körpern empfangen. Wir beleuchteten aber bis jetzt nur Lichtflammen, wobey wir nicht auf die Lage der Oberfläche dieser Flammen achteten, weil sie gewöhnlich rund und wenig ausgedehnt, auch einigermaaßen durchsichtig sind. Daß indeß bey der Flamme des breiten Dochts, die Lage der breiten Fläche der Flamme gegen die erleuchtete Stelle

der Wand, des Papiers u. s. w. nicht ganz gleichgültig sey, haben wir schon bemerkt.

Bey größeren, zumal undurchsichtigen leuchtenden Flächen aber müssen wir doch noch untersuchen, ob nicht die Lage derselben Einfluß auf die Beleuchtung habe.

W. Daran ist wohl kein Zweifel. Die weiße beleuchtete Wand des gegenüberliegenden Hauses schickt gewiß mehr Licht in unser Fenster, was ihr parallel gerade gegenüber liegt, als in eins von den weit seitwärts liegenden Gebäuden.

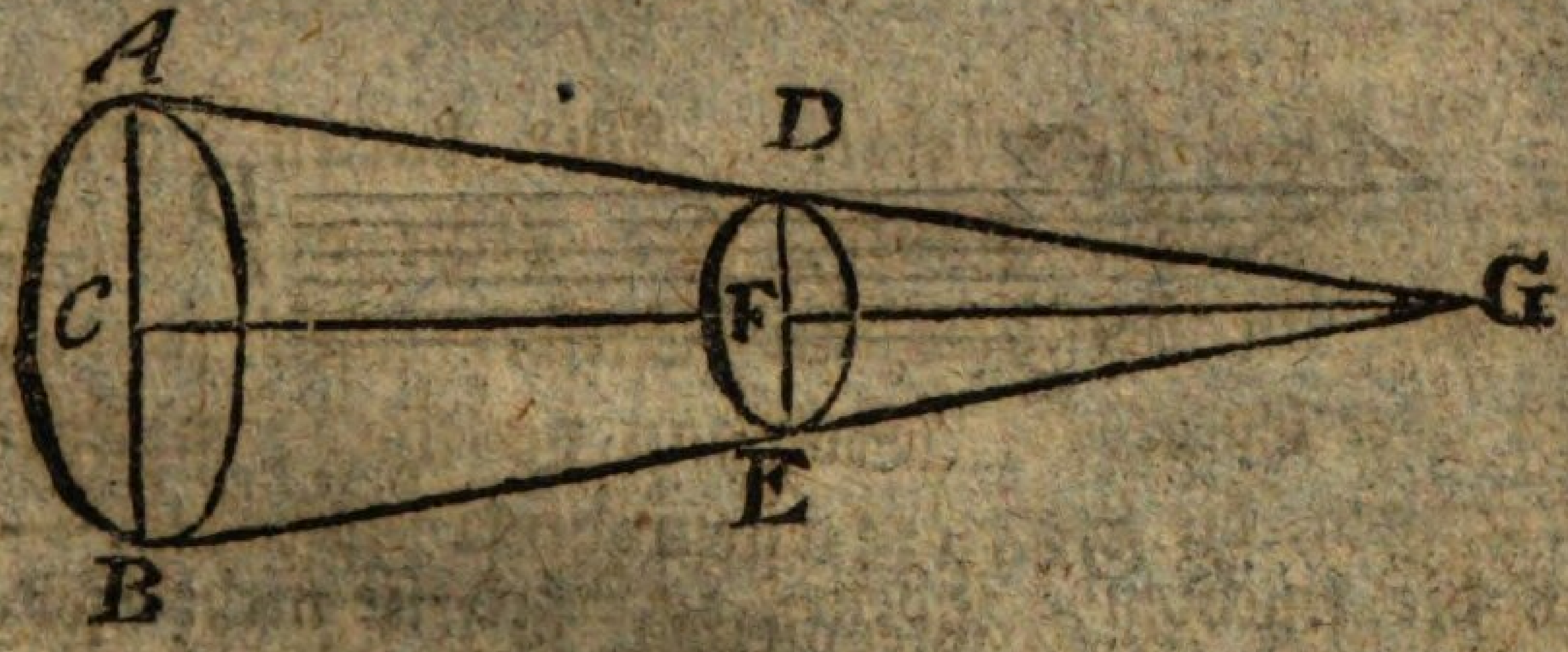
V. Ganz recht! und das Verhältniß ist so, wie wir vorhin bey der Erleuchtung fanden, nämlich: es richtet sich nach dem sinus des Winkels, den die ausgehenden Strahlen mit der Fläche der Wand, oder überhaupt mit einer leuchtenden Ebene machen. Gesetzt AB

sey die leuchtende Ebene, so wird sie nicht mehr Lichtstrahlen nach D senden können, als eine gegen die Strahlen senkrechte Ebene BC. Es verhält sich aber AB zu BC wie der sinus totus zum sinus des Winkels A. Wir wollen diesen Winkel den Ausflußwinkel (Emanationswinkel) nennen,

nennen, und ihn mit α bezeichnen (wie wir vorhin den Einfallswinkel mit ε bezeichneten). Die Menge des nach einer Gegend hin ausströmenden Lichts hängt also bey leuchtenden Ebenen, außer den übrigen Umständen, mit vom fin. α ab. Du wirst dies ohne Zweifel einsehen.

W. Ich finde es sehr leicht und begreiflich.

V. Eben so wird dir, denke ich, auch folgendes einleuchten, oder vielmehr, du kannst es selbst heraus bringen, wenn ich es dir als Frage vorlege, — du weißt, ich thue das gerne, denn durch eigenes Nachsinnen etwas herausbringen, ist weit angenehmer und nützlicher, als sich vordociren lassen. Also, wenn wir eine leuchtende Fläche, es mag eine ebene kreisrunde Scheibe seyn AB, in einer gewissen Entfernung von einer



Stelle G annehmen, welche von ihr beleuchtet werden soll, wird dies mehr oder weniger Licht nach G senden, als die Scheibe DE, die wir zwischen C und G so stellen, daß sie alle Strahlen

auf=

auffängt, oder welches einerley ist, genau in die Gränzen des Lichtkegels ABG bey F eingesetzt ist.

W. Natürlich weder mehr noch weniger, sondern gerade so viel Licht.

V. Du vergissest aber doch eine Bedingung, nämlich, wenn die Lichtmenge, die von der entfernteren größeren, und von der näheren kleineren Scheibe nach G kommt, gleich seyn soll, so muß auch der Glanz gleich seyn.

W. Das hatte ich nicht bedacht, auch verstehe ich es noch nicht so recht.

V. Es ist jedoch gar nicht schwer. Gesetzt, CG sey des leichten Beyspiels wegen, zwey Fuß, und FG nur einen Fuß, wie verhielten sich die Flächen der Scheiben?

W. Die entferntere wäre viermal größer, als die nähere. Es ist dasselbe, was wir schon gehabt haben.

V. Aber umgekehrt. Wir hatten vorhin einen leuchtenden Punkt, der Licht auf dunkle Flächen in verschiedenen Entfernungen sandte, hier aber leuchtende Flächen in verschiedenen Entfernungen, die Licht auf einen Punkt hinsenden. — Wenn also die größere Fläche in F stände, wie würde es da mit der Lichtmenge seyn, die sie nach G schickte?

W. Offenbar würde sie viermal größer seyn. Der vierte Theil der Scheibe würde so viel Licht nach G schicken, als jetzt die ganze.

Nun ist mir auch die Folgerung klar, nämlich, die kleine Scheibe, die jetzt in F steht, ist (weil sie so viel Licht nach G schickt, wie die große) als ein Viertel dieser großen Scheibe anzusehen, und muß folglich auch denselben Glanz haben, wie die große.

V. So leicht auch der Satz ist, so wollen wir uns denselben doch noch einmal in etwas allgemeineren Ausdrücken wiederholen: **Eine leuchtende Fläche schickt nach einer Stelle G gerade so viel Licht, als jede andere von dem nämlichen Glanze, die von G aus unter demselben Gesichtswinkel gesehen würde.** Verstehst du dies, und bist du davon überzeugt?

W. Ich sehe ein, daß es so seyn muß: denn so wie hier die Flächen AB und DE unter einerley Gesichtswinkel von G aus gesehen werden, und bey gleichem Glanze gleiche Lichtmenge dahin senden, so läßt es sich offenbar von jeden zwey andern Flächen, die aus G unter gleichen Gesichtswinkeln gesehen werden, behaupten.

V. Welche Stücke bestimmen also die Stärke der Erleuchtung, die eine Stelle G von einer leuchtenden Ebene empfängt?

W. Der Gesichtswinkel, oder die scheinbare Größe der Fläche von G aus gesehen und ihr Glanz.

V. Wir wollen den Winkel CGA oder auch FGD, als den scheinbaren Halbmesser der leuch-

tenden

tenden Fläche, Kürze halber, mit γ bezeichnen. Der Halbmesser des Kreises AC ist also der sinus dieses Winkels γ für den sinus totus GA, und eben so DF der sinus des Winkels γ für den sinus totus GD. Da sich nun die Flächen zweyer Kreise wie die Quadrate ihrer Halbmesser verhalten, so verhalten sich auch die scheinbaren Flächengrößen desselben wie die Quadrate des sinus des scheinbaren Halbmessers, also wie sin. γ^2.

Wenn wir also zwey leuchtende Kreisflächen von verschiedenen scheinbaren Größen und verschiedenem Glanze vergleichen, so wird sich die Erleuchtung von ihnen verhalten, wie das Produkt aus dem Glanze in ihre scheinbare Flächengröße, oder in unsern Zeichen, g. sin. γ^2. Ich rede nämlich von senkrechter Erleuchtung, sonst müßte der Ausdruck noch mit dem sinus des Einfallswinkels multiplicirt werden.

Eins will ich dich noch bemerken lassen, ehe wir auf den Versuch mit den beyden Röhren zurückkommen.

Die Fläche DE, wenn sie mit der Fläche BA einerley Glanz hat, schickt nach G eben so viel Licht, wie dies. Eben so viel wird sie aber auch, wenn sie an der BA entgegengekehrten Seite leuchtet, nach dieser Fläche hinsenden, und so in jedem anderen Falle. Eine leuchtende Fläche schickt also immer so viel Licht auf eine an-

andere, als diese letztere, wenn sie leuchtend und eben so glänzend ist, auf jene erstere schickt.

32.

Klarheit der Flächen zu messen.

Jetzt wollen wir wieder auf die zur Messung der Klarheit der Flächen bestimmten Röhren zurückkommen.

Je weiter die eine Röhre ausgezogen wird, desto kleiner wird der Winkel FBE, und dieser bestimmt den scheinbaren Halbmesser der leuchtenden Fläche, die man dadurch übersieht, es ist der Winkel, den wir vorhin γ nannten. Die durch FE einfallende Erleuchtung ist also dem Glanze der gesehenen Fläche und dem Quadrat des sinus dieses Winkels proportional.

So ist es auch mit der andern Röhre, die nach einer andern leuchtenden Fläche gerichtet ist.

Es sey also der Glanz der durch diese kürzere Röhre beobachteten Fläche $= g$, und der Glanz der durch die längere Röhre beobachteten $= G$, so

so ist letzterer Glanz größer als ersterer. Wie verhalten sich nun wohl die in die Röhren einfallenden Lichtmengen, und folglich die Erleuchtungen auf den Oeffnungen A und B?

W. Nach dem, was vorhin gefunden war, müssen sich die Erleuchtungen verhalten wie g. sin. CAD² zu G. sin. EBF².

V. Wir können auch die sinus durch die Linien der Figur, das heißt, durch die Dimensionen der Röhren, ausdrücken. Du wirst aus den Dreyecken CAD und EBF leicht die Proportionen, die wir dazu brauchen, herausfinden.

W. Es verhält sich AD : DC = sin. tot. : sin. CAD und eben so BF : FE = sin. tot. : sin. EBF.

V. Also, wenn wir, wie wir gewöhnlich zu thun pflegen, den sinus totus = 1 setzen, so ist

$$\text{sin. CAD} = \frac{DC}{AD} \text{ und sin. EBF} = \frac{EF}{BF},$$

$$\text{folglich sin. CAD}^2 = \frac{DC^2}{AD^2} \text{ und sin. EBF}^2 = \frac{EF^2}{BF^2}.$$

Aber nach dem pythagorischen Lehrsatz ist $AD^2 = AC^2 + DC^2$ und $BF^2 = BE^2 + FE^2$. Folglich werden sich die Erleuchtungen im kürzern und im längern Rohre verhalten wie

g.

$\frac{g \,.\, DC^2}{AC^2 + DC^2}$ und $\frac{G \,.\, EF^2}{BE^2 + EF^2}$. Nun aber sind die beyden vördern Oeffnungen gleich große Kreise, also $DC^2 = EF^2$. Mithin verhalten sich die Erleuchtungen wie $\frac{g}{AC^2 + DC^2}$ und $\frac{G}{BE^2 + EF^2}$, wofür man, da die Halbmesser der vördern Oeffnung DC und EF sehr klein gegen die Längen der Röhren AC und BE sind, ohne erheblichen Fehler setzen kann: die Erleuchtungen verhalten sich wie $\frac{g}{AC^2}$ und $\frac{G}{BE^2}$.

Uebersetze mir das einmal in Worte.

W. Die Erleuchtungen verhalten sich wie der Glanz, dividirt durch das Quadrat der Länge der Röhre.

V. Und nun suche, was für eine Proportion daraus wird, wenn wir die eine Röhre so lange ausziehen, bis die Beleuchtung auf A und B gleich wird.

W. Wenn ich die beyden Ausdrücke für die Erleuchtung einander gleich setze, $\frac{g}{AC^2} = \frac{G}{BE^2}$, so giebt sich daraus die Proportion

g

$g:G = AC^2:BE^2$, das heißt, der Glanz verhält sich alsdann, wie die Quadrate der Röhren.

V. Ist dir nun der Gebrauch dieses einfachen Werkzeugs klar?

W. Wenn ich das, was Sie mich gelehrt haben, noch für mich wiederhole, so wird es mir, denke ich, ganz klar seyn. Verstanden habe ich es wohl, nur ist mir der ganze Gang der Schlüsse nicht so gegenwärtig, wie ich wünschte.

V. Dazu bedarf es allerdings eines mehrmaligen Durchdenkens, wie ich dir schon oft bey ähnlichen Gegenständen empfohlen habe.

33.

Vergleichung des Glanzes der Sonne und des Mondes.

W. Kann man denn durch dieses Instrument den Glanz der Sonne und des Mondes messen? Diese beyden Körper, in Rücksicht ihres Lichts, vergleichen zu können, wäre ich am begierigsten.

V.

V. Dazu wollen wir ein anderes Mittel anwenden. Allerdings sind diese beyden Gestirne, die den Tag und die Nacht erleuchten, am interessantesten. Der Glanz der Sonne ist aber zu lebhaft, als daß man ihn unmittelbar und ungeschwächt mit dem Glanz anderer leuchtender Körper vergleichen könnte. Man würde die eine Röhre von diesem Instrument nicht wohl so lang machen können, daß man gleiche Erleuchtungen von der Sonne und von einer Lichtflamme auf den hintern Oeffnungen erhielte.

W. Von der Sonne und vom Monde, wollten Sie vermuthlich sagen?

V. Nein! von der Sonne und der Lichtflamme, sagte ich absichtlich. Denn Sonne und Mond kann man nicht gut unmittelbar mit einander vergleichen. Zwar sieht man wohl beyde zugleich am Himmel, aber dann sind sie erstlich in verschiedenen Höhen über dem Horizont, und dies macht schon die Vergleichung unsicher, denn je tiefer ein Himmelskörper gegen den Horizont herunter kommt, desto geringer ist sein Glanz. Zweytens ist auch der Mond, wenn er mit der Sonne zugleich am Himmel zu sehen ist, nur Theil erleuchtet. Wenn er ganz erleuchtet, das heißt, wenn es Vollmond ist, so steht er der Sonne gegenüber, und ist nur des Nachts hoch am Himmel zu sehen. Man muß daher zur Vergleichung des Glanzes dieser beyden Gestirne einen

dritten

dritten leuchtenden Körper nehmen; am besten also eine Lichtflamme.

Es kömmt nun zuerst darauf an, das Licht der Sonne so zu schwächen, daß man gleiche Erleuchtung, wie von der Lichtflamme, dadurch erhalte. Dies erhalten wir durch ein hohlgeschliffenes Glas. Die Eigenschaften eines solchen Glases will ich dir nachher erklären. Jetzt wollen wir uns damit begnügen, aus Erfahrung zu wissen, daß ein solches Glas das Licht, welches es auffängt, in einen größern Raum verbreitet oder zerstreut.

Wir setzen dieses Zerstreuungsglas, welches nur eine geringe Größe, etwa wie das aus einem kleinen Taschenfernrohr, zu haben braucht, in eine kleine Oeffnung des übrigens dicht verschlossenen Fensterladens. Das wenige Sonnenlicht, welches durch diese kleine Oeffnung in das verfinsterte Zimmer fällt, wird durch das Glas, in einen weiten kegelförmigen Raum zerstreut. Wenn wir es in einer Entfernung von der Oeffnung mit einer weißen ebenen Fläche auffangen, so erhalten wir dasselbe so geschwächt, daß wir es zur Vergleichung mit der Lichtflamme bringen können, deren Licht wir auf dieselbe Ebene fallen lassen. Wir nehmen hier übrigens beyderseits senkrechte Erleuch-

leuchtung an, um keine unnöthigen Umstände einzuführen.

Auf eben die Art verfahren wir nachher des Nachts beym Monde, mit der Vorsicht, daß wir die Beobachtung anstellen, wenn dieser ungefähr eben die Höhe hat, wie die Sonne hatte, als man für sie beobachtete. Daß man übrigens, so viel möglich, auch auf gleiche Reinheit der Luft Rücksicht nimmt, versteht sich von selbst.

Uebersiehst du aus dem, was ich dir jetzt sagte, das Allgemeine des Verfahrens?

W. Wie es möglich sey, übersehe ich jetzt, und das macht mir schon ein besonderes Vergnügen. Ich bin begierig, das Nähere zu erfahren.

34.

Fortsetzung.

V. Du besinnst dich ohne Zweifel noch, wie wir vorhin die senkrechte Erleuchtung, die eine Ebene, von einer glänzenden Fläche erhält, bestimmt haben.

W. Durch das Produkt des Glanzes in das Quadrat des sinus der scheinbaren Größe der leuchtenden Fläche, $G. \sin. \gamma^2$, wenn nämlich G den Glanz der Sonne bedeutet.

V. Die Erleuchtung aber auf der Wand, mit welcher wir das geschwächte Licht auffangen, wie vielmal wird sie geringer seyn, als die auf dem Hohlglase selbst?

W. Wenn dieselbe Lichtmenge, die auf das Glas fiel, in den größern Kreis verbreitet wird, so wird die Erleuchtung hier ohne Zweifel so vielmahl schwächer seyn, als der Kreis an Größe das Glas übertrifft.

V. Wir wollen den Halbmesser der kleinen Oeffnung r, und die des Lichtkreises an der Wand R nennen, so werden sich diese Kreise verhalten?

W. Wie r^2 zu R^2.

V.

V. Folglich wird auch die Erleuchtung an der Oeffnung sich zu der an der Wand verhalten wie R^2 zu r^2, oder wie 1 zu $\frac{r^2}{R^2}$. Und folglich würden wir für die Erleuchtung an der Wand nun folgenden Ausdruck brauchen,

$$\frac{r^2}{R^2} G . \sin . \gamma.$$

W. Ich verstehe diesen Ausdruck vollkommen.

V. Nun setzen wir eine Lichtflamme so nahe an die Wand, daß die Beleuchtung durch sie eben so stark ist, als durch das geschwächte Sonnenlicht. Welchen Ausdruck fanden wir aber vorhin für die Erleuchtung durch eine Flamme?

W. Sie verhielt sich wie Größe, Glanz und Sinus des Einfallswinkels mit einander multiplicirt, und durch das Quadrat der Entfernung dividirt, oder wie $\frac{p\, g \sin . \varepsilon}{c^2}$.

V. Den Sinus des Einfallswinkels werden wir hier nicht gebrauchen, weil wir die Beleuchtung senkrecht annehmen.

W. Also wie $\frac{p \cdot g}{c^2}$?

V. Für den Glanz des Mondes wollen wir den Buchstaben G setzen. Der Ausdruck für die Erleuchtung, die er durch das Hohlglas auf der Wand findet, finden wir einen ganz ähnlichen Ausdruck, wie zuvor bey der Sonne. Die scheinbare Größe, also der Winkel γ ist bey der Sonne und bey dem Monde so gut wie einerley. Der Halbmesser des Glases r bleibt auch derselbe. Der Halbmesser des erleuchteten Kreises an der Wand nennen wir R. Mache du selbst also den Ausdruck für die Erleuchtung durch den Mond daraus?

Dieser würde seyn: $\frac{r^2}{R^2} \mathfrak{G} \sin. \gamma$.

V. Die Entfernung der Lichtflamme von der Wand, bey gleicher Erleuchtung, sey $= b$. Das gäbe also für die Erleuchtung durch dieselbe den Ausdruck: $\frac{p \cdot g}{b^2}$. Was wollten wir aber eigentlich finden?

W. Die Verhältniß G:$\mathfrak{G}$ zu finden, war der Zweck der Untersuchung.

V. Wenn wir also zuerst die Erleuchtung von der Sonne und von der Lichtflamme gleich setzen, so haben wir

$$\frac{r^2}{R^2} G . \sin. \gamma = \frac{p \cdot g}{c^2},$$

was folgt daraus für eine Verhältniß von G zu g?

W.

W. Diese würde seyn:

$$G : g = \frac{p}{c^2} : \frac{r^2 \sin.\gamma}{R^2}.$$

V. Und wenn wir ferner die Erleuchtung von der Lichtflamme und dem Monde gleich sezzen, so haben wir

$$\frac{pg}{b^2} = \frac{r^2}{R^2} \mathfrak{G} \sin.\gamma,$$

und was folgt daraus?

W. Es folgt daraus die Proportion

$$g : \mathfrak{G} = \frac{r^2 \sin.\gamma}{R^2} : \frac{p}{b^2}.$$

V. Wir können aus diesen beyden Proportionen, indem wir die gleichliegenden Glieder mit einander multipliciren, eine einzige finden, die uns zu unserm Zwecke führt.

W. Aus den beyden Proportionen

$$G : g = \frac{p}{c^2} : \frac{r^2 \sin.\gamma}{R^2}$$

$$\text{und } g : \mathfrak{G} = \frac{r^2 \sin.\gamma}{R^2} : \frac{p}{b^2}$$

$$\text{folgt } Gg : \mathfrak{G}g = \frac{pr^2 \sin.\gamma}{c^2 R^2} : \frac{pr^2 \sin.\gamma}{b^2 R^2},$$

oder wenn das Ueberflüßige in jedem Gliede weggestrichen wird,

$$G : \mathfrak{G} = \frac{1}{c^2 R^2} : \frac{1}{b^2 R^2},$$

oder besser $G : \mathfrak{G} = b^2 R^2 : c^2 R^2$.

V. In Worte übersetzt?

W. Der Glanz der Sonne verhält sich zum Glanze des Mondes, wie das Quadrat der Entfernung, in welcher die Lichtflamme von der Wand stehen muß, um gleiche senkrechte Erleuchtung mit der des Mondes durch das Hohlglas hervorzubringen, multiplicirt mit dem Quadrat des Halbmessers zu — — — aber lieber Vater! das wird erschrecklich weitläuftig zu sagen.

V. Freylich! Wir wollen es denn bey dem Ausdruck in Buchstaben bewenden lassen. Du siehst daraus, was ich dich schon oft bemerken ließ, wie vortheilhaft und gerade recht erleichternd es ist, Größen mit Buchstaben zu bezeichnen, und wie ungegründet die Furcht ist, in welche viele Anfänger beym Anblick solcher Bezeichnungen gerathen. Der Ausdruck in Worten ist gewiß weit schwerer zu fassen. Aber ich habe dir auch sonst schon dabey gerathen, dich nicht mit der bloßen Augenrechnung (um mich so auszudrücken) zu begnügen, denn sonst kann eben so gut ein mechanisches Verfahren daraus werden, wie für die gemeinen Rechner, die Regel de tri ist. Immer muß man sich an die Bedeutung der Buchstaben erinnern, die hingeschriebenen Formeln

mein müssen die stille Sprache der Gedanken bleiben, und es kann nicht schaden, sie oft in die Wortsprache zu übersetzen.

Doch jetzt wollen wir die gefundene Verhältniß auf die Erfahrung anwenden und sehen, was diese für Werthe für die Grössen giebt.

35.

Fortsetzung.

Bey Vergleichung der Sonne und der Lichtflamme finden wir folgendes. Wenn wir die Wand oder die Fläche, welche das geschwächte Sonnenlicht auffängt, so weit von der Oeffnung des Fensterladens entfernen, daß der Halbmesser des beleuchteten Kreises $R = 4\frac{1}{2}$ Zoll ist, so müssen wir die Lichtflamme 16 Zoll weit von der Wand entfernen, um durch sie eine gleiche senkrechte Beleuchtung zu bewirken, also $c = 16$.

Bey Vergleichung des Mondes und der Lichtflamme hingegen, findet sich folgendes. Wenn wir die Wand so weit von der Oeffnung ent-

entfernen, daß der Halbmesser des beleuchteten Kreises $R = \frac{1}{3}$ Zoll ist, so müssen wir, da die Beleuchtung sehr schwach ist, die Lichtflamme sehr weit, nämlich funfzig Fuß oder 600 Zoll von der Wand entfernen, um eine gleiche senkrechte Beleuchtung zu erhalten, also $b = 600$.

Aus diesem Datis, die aus zuverläßigen Versuchen gefunden sind, wirst du nun selbst die Verhältniß in Zahlen finden können.

W. Das werde ich leicht berechnen können, aber ich merke, daß ich weit größere Zahlen bekomme, als ich vermuthet hätte. Die Proportion, die ich vorhin fand, war

$$G : \mathfrak{G} = b^2 R^2 : c^2 \mathfrak{R}^2.$$

Das würde also in den Zahlen, die Sie eben angaben, folgende geben:

$$G : \mathfrak{G} = 600^2 : (4\tfrac{1}{2})^2 : 16^2 . (\tfrac{1}{3})^2.$$

Wenn ich die Zahlen wirklich quadrire und multiplicire, so erhalte ich $600^2 = 360000$ und $(4\frac{1}{2})^2 = \frac{81}{4}$.

Also das für G gehörige Glied der Zahlverhältniß ist $\frac{360000 . 81}{4} = 90000 . 81$
$= 7290000.$

Ferner ist im vierten Gliede $16^2 = 256$
und $(\frac{1}{3})^2 = \frac{1}{9}$.

Also das für G gehörige Glied der Zahlverhältniß ist $\frac{256}{9} = 28\frac{4}{9}$.

Die

Die Proportion ist also:

$$G:\mathfrak{G} = 7290000 : \tfrac{256}{9},$$

$$\text{oder } G:\mathfrak{G} = 65610000 : 256.$$

V. Es wird am besten seyn, wenn wir das letzte Glied, welches den Glanz des Mondes ausdrückt, = 1 setzen, dann läßt sich eine solche Verhältniß besser übersehen.

W. Dann würde sich verhalten.

$$G:\mathfrak{G} = 256289\tfrac{1}{16} : 1.$$

V. Den Bruch $\frac{1}{16}$ können wir als ganz unbedeutend weglassen, und also hätten wir gefunden, daß der Glanz der Sonne um dem Gedächtniß eine runde Zahl einzuprägen) über 256000mal stärker, als der Glanz des Mondes sey.

W. Ich hätte mir nie vorgestellt, daß das Verhältniß so sehr groß seyn würde.

V. Gleichwohl ist es wirklich so, und eher noch größer; man kann vielleicht, ohne großen Fehler setzen, daß der Glanz der Sonne, den des Vollmondes 300000mal übertreffe. Es ist genug, wenn wir nur runde Zahlen nehmen, denn einige Unbestimmtheit bleibt doch immer bey diesen Versuchen, mit so vieler Sorgfalt sie auch angestellt werden. Es beruht nämlich am Ende auf die Schätzung gleicher Erleuchtung durch das Auge. Unser Auge ist aber nicht im Stande ganz kleine Unterschiede mit der größten Schärfe zu bemerken., wie wir an den ersten besten Schatten bey zwey Lichtflammen

sehen.

sehen. Man kann die eine ein wenig näher oder weiter setzen, ohne den Unterschied am Schatten zu empfinden. Insonderheit ist die Erleuchtung durch das ohnehin schon schwache, und durch das Hohlglas noch mehr geschwächte Mondlicht so schwach, und die Entfernung, die man der Lichtflamme geben muß, so groß, daß dabey leicht einige Unrichtigkeiten Statt finden können, die dem Auge entgehen.

Selbst ein und eben derselbe leuchtende Gegenstand, bey einerley wirklichen Glanz, sieht dem Auge nicht immer gleich glänzend aus. Dies hatte indeß auf diese Untersuchung, wo die beyden verglichenen Lichter zugleich gesehen werden, keinen Einfluß.

36.

Gesehene und scheinbare Helligkeit.

W. Einerley Gegenstand, sagten Sie, schiene dem Auge nicht gleich glänzend, wenn er es auch wirklich ist?

V. Die Erfahrung kann dir selbst nicht unbekannt seyn. Wenn die Sonne auf das Papier scheint,

scheint, so wird dir die, etwa von einem Buche oder von deiner Hand, beschattete Stelle des Papiers sehr dunkel erscheinen, daher wir auch dieser Empfindung gemäß, den Schlagschatten schwarz nennen und zeichnen. Aber eben dieses Papier an einem etwas trüben Tage gegen das Fenster gehalten, ist in der That weniger helle, als vorhin die beschattete Stelle im Sonnenschein; dennoch scheint es dir gewiß nicht dunkel, sondern helle.

W. Das ist wahr, ich bin noch nicht auf diese Verhältniß aufmerksam gewesen.

V. Ein Flammenlicht im Sonnenschein hat einen sehr geringen scheinbaren Glanz; wenn die Flamme dünn ist, wie die des angezündeten Schwefels, so sieht man sie gar nicht einmal. Dieselbe Lichtflamme, z. B. der Argandschen Lampe, wird dir unerträglich glänzend seyn, wenn sie des Abends in eine vorher finstere Stube gebracht wird. Die Lava eines feuerspeyenden Berges, die des Nachts glänzt, wie jede glühende Masse, sieht am Tage dunkel aus. — Doch wozu so viel Beyspiele von einer so bekannten Sache?

Wir müssen aber hier drey ganz verschiedene Dinge nicht verwechseln.

Erstlich hängt die scheinbare Helligkeit ab, von der Menge der Lichtstrahlen, die in das Auge fallen. Diese ist verschieden, je nachdem die Oeffnung des Auges, die wir Pupille nennen, größer

größer oder kleiner ist. Daß die Pupille im Auge ihre Größe verändere, weißt du ohne Zweifel?

W. O ja, wenn ich mich vor den Spiegel stelle, und die Hand über dem Auge gegen das Licht halte, so wird der schwarze Kreis größer; wenn es des Abends geschieht, beynahe so groß, wie der ganze farbige Kreis im Auge, etwa wie eine Erbse. Hingegen das Auge gegen das Fenster oder unter freyem Himmel, ist der schwarze Kreis so klein, wie ein kleiner Stecknadelknopf.

V. Deine Vergleichungen mit Erbsen und Stecknadelknöpfen mögen einmal hingegen. Du begreifst also wohl, daß bey dieser wohlthätigen Einrichtung von einerley großen und glänzenden Gegenständen sehr verschiedene Lichtmengen ins Auge kommen können. Der Durchmesser der Pupille kann sich vielleicht um mehr als das Zehnfache vergrößern; die kreisrunde Oeffnung um mehr als das Hundertfache. Wir bekommen also in einem verfinsterten Zimmer von einer Lichtflamme vielleicht mehr als hundertmal so viel Licht, als wenn der Laden geöffnet wird, und die Sonne herein scheint.

W. Dadurch kann ich mir nun auch erklären, was ich schon oft erfahren habe, daß wenn man im Sommer in das Theater oder in den Concertsaal tritt, wo es gewöhnlich noch draußen ganz heller Tag ist, alles so dunkel aussieht.

Die

Die Pupille hat in dem Tageslichte den ganzen Tag über eine geringe Größe gehabt, daher kommt wenig Licht in das Auge; und nur erst nach und nach, wenn sie sich erweitert, fängt man an heller zu sehen.

V. Das zweyte, was auch auf die scheinbare Helligkeit einigen Einfluß hat, ist dieses, daß die feinen Fibern der Netzhaut, auf welcher sich die Gegenstände abbilden, auch außerhalb der Gränzen des eigentlichen Bildes von einem lebhaft hellen Gegenstande in Erschütterung gesetzt werden. Das wird dir aber jetzt noch nicht deutlich seyn, da ich dir den innern Bau des Auges noch nicht erklärt habe.

W. Werden Sie nicht die Güte haben, es zu thun?

V. Wir wollen es versparen, bis wir ein wirkliches Auge von einem geschlachteten Thiere dabey vor unsern Augen haben.

W. Dazu werde ich bald Rath schaffen.

V. Auch werde ich dich vorher noch mit den Gesetzen der Brechung des Lichts bekannt machen müssen.

Das dritte endlich, was bey scheinbarer Helligkeit in Betrachtung kömmt, ist das Urtheil der Seele, welches von gar vielen Umständen modificiret wird. So wie die scheinbare Größe oft ganz verschieden für unser Urtheil ausfällt, obgleich der Sehewinkel für unser Auge ganz gleich ist, so fällt auch die scheinbare Hellig-

keit oft für unser Urtheil ganz verschieden aus, obgleich die Lichtmenge, die ins Auge kömmt, wirklich dieselbe ist. Bey dem Beyspiele, was ich vorhin gab, von dem scheinbar schwarzen Schatten auf weißem Papiere im Sonnenlichte und von der Helligkeit eben des Papiers an einem trüben Tage, wirken beyde Umstände die verschiedene Oeffnung der Pupille und das Urtheil der Seele zusammen. Wenn wir also nicht zwey Gegenstände unter gleichen Umständen zu vergleichen Gelegenheit haben, so werden unsere Vorstellungen — so wie überhaupt — also auch in Absicht auf die Helligkeit, sehr unsicher seyn.

Ein Beyspiel von dieser Art von Gesichtstäuschung, fällt mir eben jetzt noch in die Augen; du wirst es so gut wie ich selbst bemerken, und es wird dir ohne Zweifel eben so vorkommen. Unser Tisch, auf dem die Lampe brennt, steht nahe an der Wand. Senkrecht hinter der Flamme ist die Erleuchtung der Wand am stärksten, und rings um diese Stelle herum nimmt sie ab, und zwar wie du siehst, sehr schnell.

W. Ja! und ich habe Sie schon vorhin bitten wollen, mir zu sagen, nach welcher Verhältniß die Wand weiter von der Flamme dunkler werden, denn mich deucht, daß Sie mir darüber noch nichts gesagt haben.

V. Nachher! Das war es aber nicht, was ich dich jetzt eigentlich wollte bemerken lassen. Die Erleuchtung der Wand muß nach allen Seiten hin nothwendig in gleicher Verhältniß abnehmen; bey einerley Lichtflamme in gleichen Entfernungen, bey gleichen Einfallswinkeln muß die Erleuchtung gleich seyn. Wenn wir nun die Wand betrachten, so scheint sie uns da, wo sie mit der andern Wand unter einem rechten Winkel zusammenstößt, beträchtlich dunkler zu seyn, als in gleicher Entferuung über der Flamme, oder auch an der andern Seite, wo sie weiter in eine Ebene fortläuft.

W. Ich bemerke es sehr wohl, und was mag die Ursache seyn?

V. Wahrscheinlich nichts anders, als die Nachbarschaft der rechtwinklicht anstoßenden Wand, welche stärker erleuchtet ist. Unmittelbar neben dieser helleren Fläche fällt sie dunkler in das Auge, so wie der Schatten beym Sonnenschein.

37.

Abnahme der Erleuchtung auf einer Ebene.

W. Dürfte ich meine vorige Frage jetzt wiederholen?

V. Nach welcher Verhältniß nämlich die Erleuchtung an der Wand abnehme? — Das wird sich ohne große Mühe finden lassen. Bey einer und eben derselben Flamme, wonach richtet sich da die Erleuchtung?

W. Nach Einfallswinkel und Entfernung.

V. Sie ist nämlich proportional dem Sinus des Einfallswinkels dividirt durch das Quadrat der Entfernung, oder welches einerley ist, sie verhält sich geradezu wie der Sinus des Einfallswinkels, und umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung.

W. So war es, und wir bezeichneten es vorhin so: $d = \frac{\sin.\,\varepsilon}{c^2}$.

V. Wir haben nur bloß noch etwa eine kleine Veränderung in diesem Ausdruck zu machen, so daß der Winkel daraus weggeschafft und alles in Linien der Figur ausgedruckt wird. Du wirst wohl leicht selbst eine Proportion dazu heraus finden.

W. Es verhält sich in rechtwinklichten Dreyeck AEC, $AE : AC = \sin tot : \sin. AEC$.

V. Das würde in Worten so heißen. Die Entfernung einer Stelle E zur senkrechten Entfernung des Lichts von der Wand, wie der Sinus totus zum Sinus des Einfallswinkels, und in unserer kürzeren Zeichensprache, wenn wir die Linie $AC = h$ und den sin. tot. $= 1$ setzen,

$$e : h = 1 : \sin.\,\varepsilon.$$

Also hatten wir $\sin.\,\varepsilon = \frac{h}{e}$. Diesen Ausdruck substituirten wir in den obigen für die Erleuchtung.

W.

W. Da erhalten wir: $d = \frac{h}{c^3}$, oder die Erleuchtung einer Stelle der Wand verhält sich wie die senkrechte Entfernung des Lichts von der Wand, dividirt durch die Cubikzahl der Entfernung der Stelle vom Lichte *).

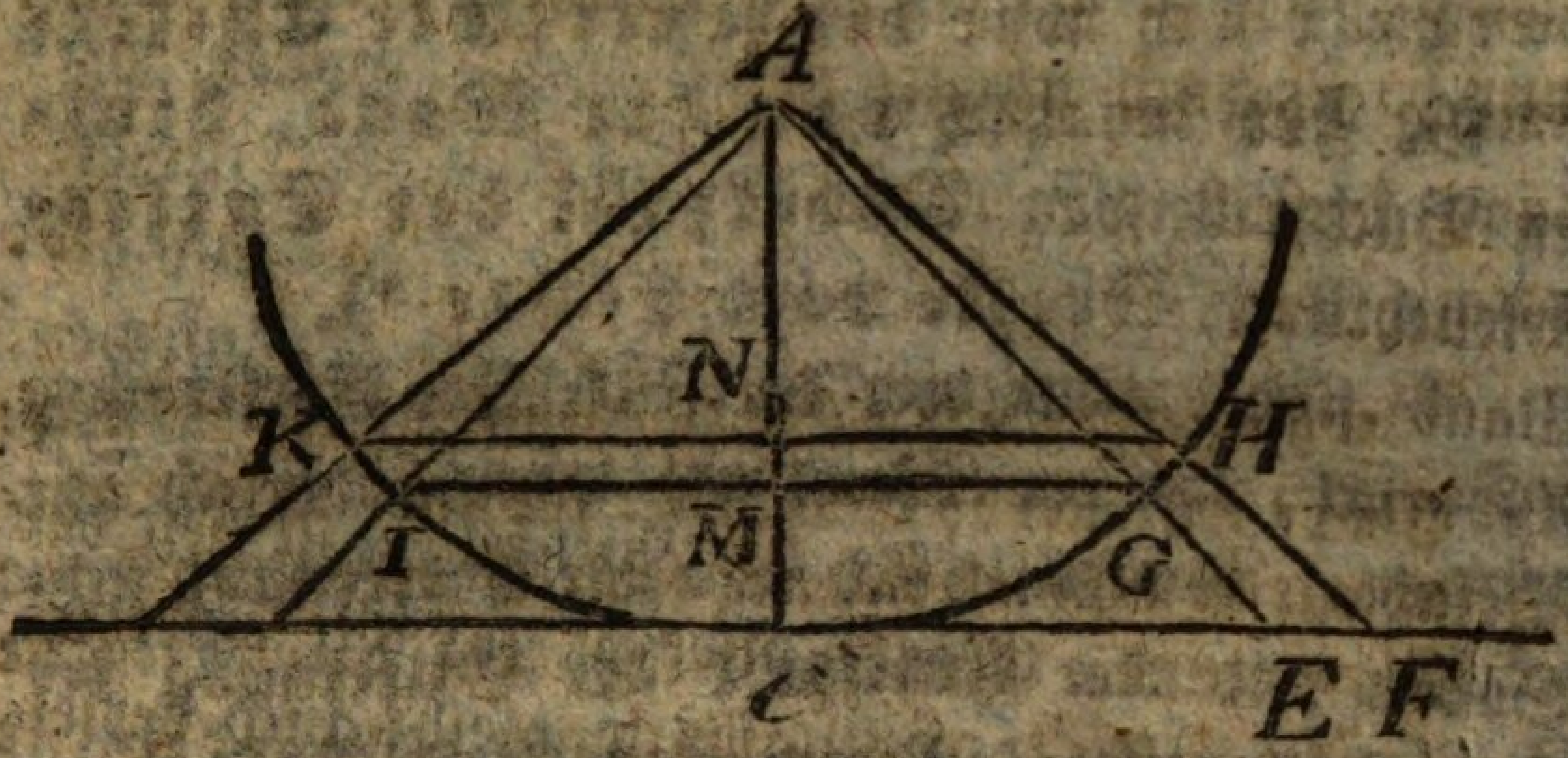
V. Und wenn wir die senkrechte Entfernung des Lichts von der Wand als unveränderlich annehmen, so verhält sich also die Entfernung umgekehrt, wie die Cubikzahl der Entfernung der Stelle vom Lichte. Nimm einmal ein Paar Beyspiele in Zahlen, und die Linien so wie wir sie an unserer Lichtflamme und an unserer Wand bemerkten.

W.

*) Anmerk. Die Untersuchung über die Erleuchtung einer Ebene durch eine Lichtflamme läßt sich auch auf folgende Art anstellen. Um den Punkt C, wo die senkrechte Linie von der Lichtflamme auf die Ebene trift, stelle man sich concentrische schmale Ringe vor; welche dadurch entstehen, daß sich die Grundfläche des Lichtkegels erweitert, indem der Winkel CAC, welchen die Seite des Kegels mit der Axe macht, um gleiche sehr kleine Unterschiede größer wird. Man suche die Flächen dieser Ringe, und die darauf fallenden Lichtmengen. Die Stärke der Erleuchtung verhält sich dann gerade, wie die auffallenden Lichtmengen und umgekehrt, wie die Fläche.

Der

W. Die senkrechte Entfernung der Lichtflamme von der Wand ist 1 Fuß; aber die Entfernung



Der innere Halbmesser eines erleuchteten Ringes sey CE $= t$, also der Umfang $= 2\pi t$; die Breite EF $= dt$; also die Fläche $= 2\pi t\,dt$. Es ist aber $t = c \sin. \alpha$, wenn wir nämlich den Winkel CAE oder den ihm zugehörigen Bogen $= \alpha$ setzen und die Entfernung AE $= c$ als Halbmesser annehmen. Die Fläche des Ringes also $= 2\pi c \sin. \alpha\, dt$. Hier wollen wir für dt einen andern Ausdruck suchen. Es ist nun t die Tangente des Bogens α für den Halbmesser $= h$, den wir $= 1$ setzen, und die Rechnung des Unendlichen lehrt, daß das Differential einer Tangente gleich ist dem Differential des Bogens, multiplicirt mit dem Quadrat der Secante, also $dt = c^2\, d\,\alpha$. Hieraus folgt denn die Fläche des Ringes

$$= 2\pi c \sin \alpha . c^2\, d\,\alpha = 2\pi c^3 \sin. \alpha\, d\,\alpha.$$

Dieß wäre der Ausdruck für die Fläche eines beleuchteten Ringes.

 Nun

nung anderer Stellen der Wand, von der Flamme, würden wohl etwas beschwerlich zu messen seyn, vorzüglich wenn diese Entfernungen etwas groß wären, wie z. B. bis an jene Ecke, wo die Wand nur so schwach erhellet ist.

B.

Nun müssen wir einen Ausdruck für die auf diese Fläche auffallende Lichtmenge suchen. Diese Lichtmenge ist nun aber, wie sogleich der Anblick der Figur zeigt, dieselbe, welche auf die Kugelzone GHIK trifft. Die Kugelzonen von einer Breite GH oder IK verhalten sich aber wie die Peripherien, oder welches einerley ist, wie die Halbmesser der Parallelkreise, welche sie begränzen, wie MG, oder welches wiederum einerley ist, wie die Sinus von α.

In dem obigen Ausdruck für die Fläche des Ringes $2\pi c^3 \sin.\alpha d\alpha$ sind 2π und $d\alpha$ beständige Factoren, also die Flächen verhalten sich wie $c^3 \sin.\alpha$.

Und eben fanden wir, die auffallenden Lichtmengen verhielten sich wie $\sin.\alpha$.

Die Größe der Erleuchtung aber verhielt sich geradezu wie die auffallende Lichtmenge und umgekehrt wie die Fläche.

Also die Größe der Erleuchtung verhält sich wie $\frac{\sin.\alpha}{c^3 \sin.\alpha}$, das heißt wie $\frac{1}{c^3}$, welches dasselbe ist, was oben gefunden wurde, wenn man dort $h = 1$ setzte.

V. Das hätte allerdings seine Schwierigkeiten, indessen wir können ja dafür Linien gebrauchen, die bloß auf der Wand selbst gemessen werden. Wir nehmen nämlich den Punct C als Mittelpunct, und die Entfernung der Stellen B, E u. s. w. von diesem Mittelpuncte C als Halbmesser von Kreisen an. So können wir die Entfernungen AB, AE u. s. f. durch die Linien AC, CB, CE u. s. f. ausdrücken. Wir wollen die Zahlen in Columnen neben einander setzen, um die Resultate leichter zu übersehen.

W. Ob ich das ohne Ihre Hülfe zu Stande bringen werde?

V. Was hatten wir für einen Ausdruck für die Erleuchtung der Wand?

W. Es war dieser: $d = \frac{h}{c^3}$.

V. Und wie würdest du die Hypothenuse c dem pythagorischen Lehrsatze gemäß ausdrücken? Die Catheten an der Wand, wie CB, CE u. s. w. wollen wir t nennen, weil es die Tangenten der Winkel BAC, EAC u. s. w. für den Halbmesser AC sind.

W. Es wäre $c = \sqrt{(h^2 + t^2)}$.

V. Und also der Ausdruck für die Erleuchtung?

W. Würde seyn $d = \frac{h}{\sqrt{(h^2 + t^2)^3}}$.

V. Das können wir auch so ausdrücken: $d = \frac{h}{(h^2 + t^2) \cdot \sqrt{(h^2 + t^2)}}$, welches für unsre Rechnung bequemer seyn wird. Die senkrechte Erleuchtung in dem Puncte C selbst wollen wir zur Einheit nehmen. Für diesen Punct C aber, wie groß wäre da die Linie, die wir t nennen?

W. Es ist ja für diese Stelle noch gar keine solche Linie da!

V. Also für die Erleuchtung $d = 1$ nehmen wir $t = 0$. Wie groß findest du denn h, wenn wir dieses so annehmen?

W. Wenn $d = \frac{h}{\sqrt{(h^2 + t^2)^3}}$ und dieses $= 1$ seyn soll, und also t in dem Nenner Null ist, so wird daraus $\frac{h}{\sqrt{(h^2)^3}}$, das wäre so viel als $\frac{h}{h^3}$ oder als $\frac{1}{h^2}$, also muß $h^2 = 1$ folglich auch $h = 1$ seyn.

V. Gut! Wir nehmen also h oder $AC = 1$ und berechnen nun für $t = 1, 2, 3$ u. s. w. die Werthe des Ausdrucks für die Erleuchtung. Dieser ist nämlich nun ($h = 1$ gesetzt) dieser: $d = \frac{1}{(1 + t^2) \sqrt{(1 + t^2)}}$. Was wird das

für

für die verschiedenen Werthe von t nach der Reihe geben?

W. Wenn $t = 0$ ist, so
wird die Erleuchtung $d = 1$.
Wenn $t = 1$ ist, so
wird die Erleuchtung $d = \frac{1}{2\sqrt{2}}$.
Wenn $t = 2$ ist, so
wird die Erleuchtung $d = \frac{1}{5\sqrt{5}}$.
Wenn $t = 3$ ist, so
wird die Erleuchtung $d = \frac{1}{10\sqrt{10}}$.
Wenn $t = 4$ ist, so
wird die Erleuchtung $d = \frac{1}{17\sqrt{17}}$.

V. Genug! Du begreifst, wie das weiter fortgeht. Wir müßten also die Nenner durch Wurzelausziehung und Multiplication zuerst berechnen, und dann in den Zähler 1 mit angehängten Nullen dividiren, denn wollten wir die Brüche in der Form lassen, so würde die Verhältniß nicht gut zu übersehen seyn. Du siehst, daß es Irrationalzahlen werden, weil keine vollkommenen Quadrate darin vorkommen.

W. Könnte man da nicht lieber durch Logarithmen rechnen?

V. Eben das wollen wir thun. Wir nehmen also z. B. bey t = 4 den Logarithmen von 17, halbiren ihn, so haben wir auch den Logarithmen von $\sqrt{17}$. Der ganze Logarithme und seine Hälfte addirt, giebt uns den Logarithmen des Nenners, und dieser vom Logarithmen von 1, das heißt von Null abgezogen, (wobey wir wie gewöhnlich abziehen und die negative Kennziffer hinten anhängen) so haben wir den Logarithmen des Bruchs, und finden dann leicht die dazu gehörige Zahl.

Du verstehst nun doch die Berechnung?

W. Jetzt, denke ich, werde ich es machen können.

V. Nun so berechne eine Tafel für die Werthe für t von 0 bis 10.

38.

Tafel für die Erleuchtung einer Ebene von einer Lichtflamme.

W. Hier ist die Tafel, welche ich nach Ihrer Anleitung für die Erleuchtung an der Wand berechnet habe. Ich habe, um mir eine leichtere Uebersicht der Verhältniß zu verschaffen, als mir die Decimalbrüche gewährten, noch eine Columne hinzugefügt, wo ich die senkrechte Erleuchtung zu 1000 angenommen habe.

Für

V. Wir sehen also aus dieser Tafel, wie schnell die Erleuchtung abnimmt. Vielleicht scheint dir der Anblick der Wand, die von einem Lichte erleuchtet wird, wiederum nicht recht damit übereinzustimmen. Wir setzen hier das Licht in einer Entfernung von 1 Fuß von der Wand. Nun soll nach der Tafel die Erleuchtung in einer Entfernung von 10 Fuß ringsherum von dem Puncte, wo die senkrechte Linie auf die Wand trift, über 1000mal schwächer seyn, als die senkrechte hinter der Flamme: Unser Auge würde den Unterschied wohl nicht so groß schätzen, wenn wir nicht durch die bisherigen richtigen Schlüsse davon überzeugt wären. Oben an der Decke zum Beyspiel, die ungefähr 10 Fuß höher liegt, als die Flamme, scheint die Wand uns wohl nicht 1000mal schwächer erleuchtet, als hinter der Flamme. Dies bestätigt nun eines Theils das, was ich schon vorhin bemerkte, nämlich daß wir gewöhnlich die Aenderungen zu geringe schätzen; andern Theils aber kann auch wirklich die Erfahrung nicht ganz genau mit der Rechnung übereinstimmen, denn von der weißen Decke sowohl, als von den übrigen Wänden, vom Fußboden u. s. w. strahlt Licht auf die Wand zurück und erleuchtet sie mehr, als die bloße Lichtflamme an den entferntern Stellen. Die Rechnung ist aber bloß für das von der letzteren ausströmende Licht angestellt.

Noch

Noch eine Bemerkung wollen wir hier machen. Wenn wir das Licht sehr nahe an die Wand und uns selbst in eine beträchtliche Entfernung von demselben stellen, so wird es uns am stärksten in die Augen fallen, was ich meyne: nämlich daß in dem Kreise an der Wand, dessen Halbmesser ungefähr zwey- bis dreymal so groß, als die senkrechte Entfernung der Lichtflamme von der Wand ist, daß in diesem Kreise, sage ich, die Helligkeit ungemein merklich größer ist, als weiter hinaus nach allen Seiten. Die Erleuchtung scheint hier ziemlich abgeschnitten, so daß man sagen möchte, in diesem Kreise ist die Wand helle, außer demselben ist sie dunkel, und in dieser Dunkelheit bemerken wir weniger eine auffallende Abstufung.

39.

Erleuchtung von zwey Lichtflammen.

Da du Geschmack an unsern Betrachtungen über die Stärke des Lichts findest, so will ich noch ein paar kleine Streifereyen in dieses für dich neue Gebiet der mathematischen Physik mit dir machen. Zwar haben Untersuchungen dieser Art nicht

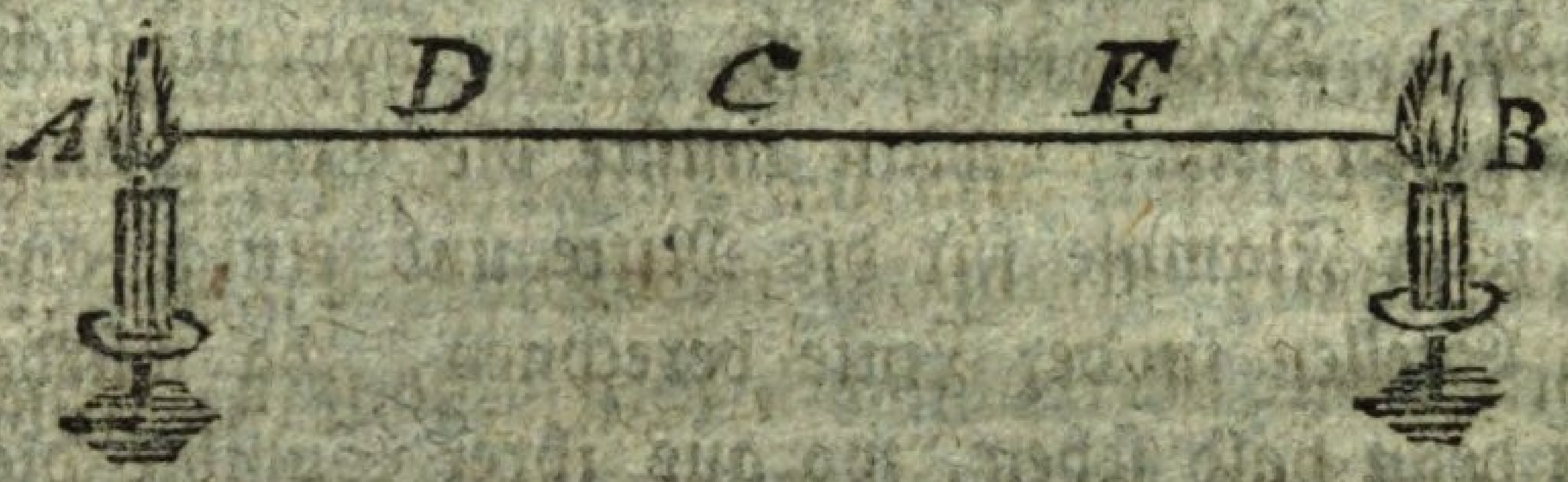
nicht gerade das, was man praktischen Nutzen nennt, wie andere Lehren dies im höheren Grade haben. Es ist für das gemeine Leben freylich wichtiger, nützliche Maschinen zu haben, oder die optischen Werkzeuge zu vervollkommnen, oder die Zeit genau einzutheilen u. s. w. als zu wissen, wie wird eine Wand eines Zimmers von einer oder von zwey Lichtflammen erleuchtet. In sofern sind die Lehren der Mechanik, der eigentlichen Optik, Katoptrik und Dioptrik, und der Astronomie allerdings den Betrachtungen, womit wir uns hier beschäftigen, vorzuziehen. Indessen haben diese auch ihren Nutzen. Entdeckung der Wahrheit, Auffindung der Verhältnisse und Gesetze in der Natur gewährt auf jeden Fall dem menschlichen Geiste Vergnügen, beschäftigt, übet und erhöhet seine Kraft, und dies ist immer ein baarer Gewinn für den Menschen, sollte auch der Gegenstand seines Nachdenkens übrigens keinen unmittelbaren Einfluß auf Geschäfte des Lebens haben. In dieser Hinsicht sind Betrachtungen über Spielwerke und Kunststücke selbst nicht ohne Interesse. Wir können also immerhin ein wenig mit unsern Lichtern spielen, ohne uns vorzuwerfen, die Zeit verspielt zu haben.

Wir setzen also hier zwey Lichter in einiger Entfernung von einander auf den Tisch. Denke dir von einer Flamme zur andern eine gerade Linie — (ich erinnere nicht erst, daß wir die Flammen hier, wie bisher, immer als physische

Puncte

Puncte betrachten). — Wo wird wohl die Erleuchtung, welche ein Gegenstand in dieser Linie von beyden Lichtern erhält, am stärksten oder am schwächsten seyn?

W. In dieser Linie AB? und von beyden Lichtflammen zugleich?



V. Ja, so war meine Frage.

W. Aber das kann ja nicht Statt finden, denn wenn eine Fläche, in diese Linie gehalten, von der einen Flamme erleuchtet wird, so kann sie nicht auch zugleich von der andern erleuchtet werden.

V. In der That! da hast du nicht so ganz Unrecht; indessen, damit die Frage nicht ungereimt sey, brauchen wir uns nur ein Stück Papier zu ölen, um es halb durchsichtig zu machen, dies wird dann, wenn es in diese Linie etwa senkrecht gegen die Strahlen jeder Flamme gehalten wird, von beyden zwar auf verschiedenen Seiten erleuchtet werden, aber die Helligkeit, die das Auge daran wahrnimmt, wird theils von dem durchscheinenden, theils von dem zurückgeworfenen Lichte, also von beyden Flammen herrühren.

W. Ohne Zweifel wird die Helligkeit in der Mitte am schwächsten seyn.

V. So ist es; aber nun wäre die Frage, ob sich dieses aus dem, was wir bisher von der Stärke der Erleuchtung gesagt haben, auch beweisen ließe.

W. Das, dächt' ich, würde wohl möglich zu machen seyn. Man müßte die Erleuchtung von jeder Flamme für die Mitte und einige andere Stellen in der Linie berechnen, da würde man denn bald sehen, wo aus ihrer Summe die größte oder kleinste Zahl herauskäme.

V. Wir wollen also in allgemeinen Ausdrücken die Erleuchtung in der Mitte in C von jeder Flamme = d, also von beyden Flammen zusammen = 2 d setzen. In irgend einer andern Stelle außer der Mitte, wie in D, bringe die eine Flamme A die Erleuchtung = D, die andere Flamme B die Erleuchtung = δ hervor. Die sämmtliche Erleuchtung ist daselbst D + δ und wir hätten zu untersuchen, ob D + δ größer als 2 d sey. Die halbe Entfernung beyder Lichtflammen von einander sey = a. Da nun die Erleuchtung sich bey gleichen übrigen Umständen verhält umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung, so können wir daraus einen Ausdruck für D und δ finden. Wie muß sich nämlich d zu D verhalten?

W. Wie AD^2 zu AC^2.

V.

B. Wir wollen die Weite $CD = x$ setzen, also $AD = a - x$, so hätten wir denn folgendes:

$$d : D = (a - x)^2 : a^2$$

und für die Erleuchtung von der andern Seite

$$d : \delta = (a + x)^2 : a^2.$$

Hieraus ist also

$$D = \frac{a^2}{(a-x)^2} . d$$

und

$$\delta = \frac{a^2}{(a+x)^2} d$$

folglich die sämmtliche Erleuchtung

$$D + \delta = \frac{a^2}{(a-x)^2} d + \frac{a^2}{(a+x)^2} . d$$

oder

$$= \left(\frac{1}{(a-x)^2} + \frac{1}{(a+x)^2}\right) a^2 d.$$

Hier bringen wir die beyden eingeklammerten Brüche auf einerley gemeinschaftlichen Nenner. Dies giebt

$$D + \delta = \frac{(a + x^2 + (a - x)^2}{(a + x)^2 . (a - x)^2} . a^2 d.$$

Wir können hier den Zähler und den Nenner noch etwas bequemer ausdrücken. Der Zähler ist nämlich $= 2 (a^2 + x^2)$ und der Nenner $= (a^2 - x^2)^2$;

folglich

folglich

$$D + \delta = \frac{(a^2 + x^2) \cdot a^2}{(a^2 - x^2) \cdot a^2 - x^2)} \cdot 2\,d.$$

In diesem Ausdruck für die sämmtliche Erleuchtung können wir ganz deutlich übersehen, daß der Zähler größer als der Nenner ist, denn es ist $a^2 + x^2$ größer als $a^2 - x^2$ und eben so ist a^2 auch größer als $a^2 - x^2$.

Also der Bruch größer als 1, das heißt: der ganze Ausdruck für die sämmtliche Erleuchtung für einen Punct außer der Mitte ist größer als 2 d, als die sämmtliche Erleuchtung in der Mitte.

W. Ich will mir das abschreiben, was Sie mir da aufgesetzt haben, um es noch für mich durchzudenken.

40.

Erleuchtung einer Wand von zwey Lichtern.

V. Du bemerktest vorhin, daß man eigentlich keinen Körper zwischen zwey Lichtflammen in die gerade Linie von einer zur andern selbst stellen könne, so daß eine seiner Flächen von

beyden

beyden Flammen zugleich erleuchtet würde; wir wollen also die Frage mehr für vorkommende Fälle einrichten.

Hier stellen wir zwey Wachslichter nahe an die Wand auf den Tisch; wir wollen sie beyde so dicht an die Wand schieben, als es der Fuß des Leuchters zuläßt, weil die Abstufung der Erleuchtung dann in kleineren Räumen an der Wand merklich wird. Uebrigens können wir annehmen, daß beyde Flammen gleich groß und glänzend, und gleich weit von der Wand entfernt sind. Diese Entfernung beträgt, wie wir leicht durch den Zirkel messen können, gerade zwey Zoll. Jetzt anfangs, da sie nahe zusammen stehen, sieht man an der Erleuchtung, welche beyde der Wand zusenden, keine Absonderung, sie sind noch fast wie eine einzige Flamme anzusehen. Sobald wir aber das eine Licht längs der Wand fortschieben, so sehen wir den Glanz hinter demselben an der Wand mit fortrücken und zwischen beyden stärker beleuchteten Stellen ist ein dunklerer Zwischenraum.

W. Ohne Zweifel ist auch hier die Erleuchtung in der Mitte am schwächsten und nimmt von da aus zu bis zu den Puncten, die senkrecht hinter den Flammen liegen.

V. Allerdings! Die Frage wird bey unserm Versuche freylich ziemlich durch den Augenschein beantwortet; indessen, du weißt schon, man begnügt sich bey Untersuchungen, die in das

Gebiet

Gebiet der Mathematik einschlagen, nicht damit, zu wissen und zu sagen: es ist so, sondern man will auch einsehen und beweisen: es muß so seyn. Wir wollen uns vorstellen, daß wir wie Saunderson optische Phänomene ohne Augen untersuchten, und die Erleuchtung der Wand finden wollten, ohne sie zu sehen. Ueberdies darf auch der Augenschein nicht den Beweis ersetzen, weil er für tausend Fälle nichts entscheidet, wir brauchen nur die Lichter eine Elle von der Wand abzurücken, so ist schon die Abstufung der Erleuchtung so unbestimmt, daß wir nicht mit Gewißheit angeben können, wo sie am schwächsten ist. Und endlich, es wird uns Vergnügen machen, zu finden, daß unsere Berechnung mit der Erfahrung übereintrift.

Um eine ganz leichte Arbeit zu haben, so wollen wir, weil du schon eine Tafel für die Erleuchtung durch eine einzige Flamme bis auf die Weite = 10 berechnet hast, dieses unserm Versuch und unserer Rechnung gemäß einrichten.

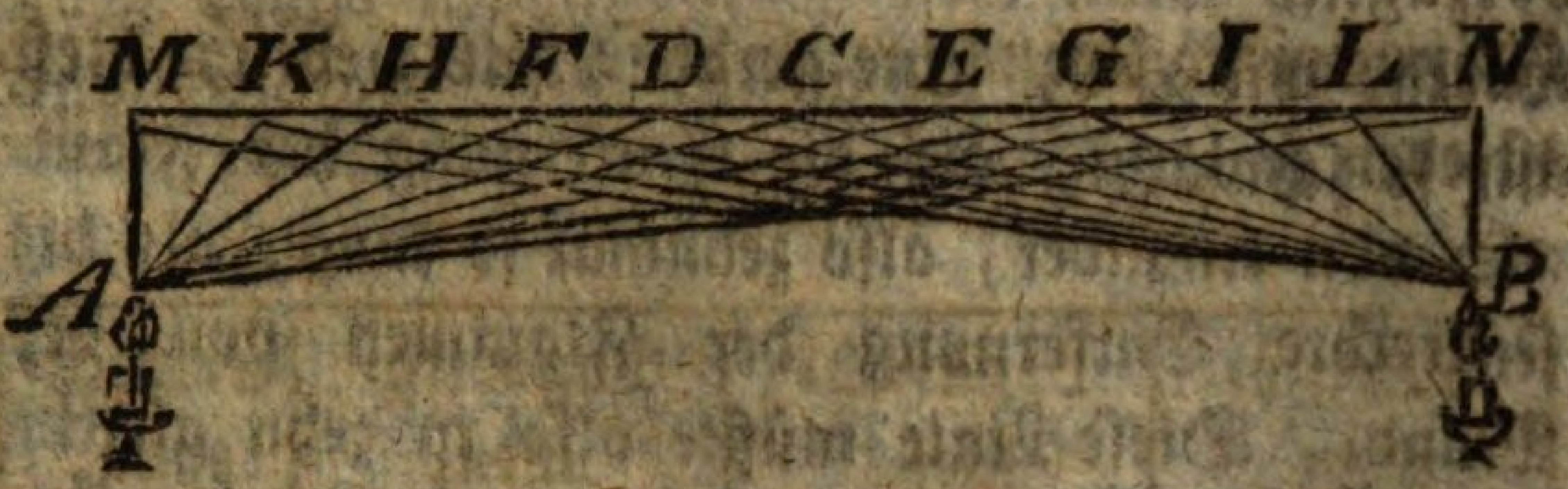
Wir nehmen also die senkrechte Entfernung des Lichtes von der Wand, welche hier 2 Zoll ist, zur Einheit an, und stellen die Lichter um zehn solcher Längen oder 20 Zoll von einander entfernt, so können wir ganz deine schon berechneten Zahlen gebrauchen, und wie müßten wir es wohl machen?

W. Wir müßten wohl zwischen den beyden Puncten der Wand, die senkrecht hinter den

Flammen

Flammen liegen, eine gerade Linie ziehen, diese ist eben so lang, als die Entfernung der Flammen von einander, also zehnmal so lang, als die senkrechte Entfernung der Flammen von der Wand. Diese Linie müßte also in zehn gleiche Theile getheilt, für jeden Theilungspunct die Erleuchtung, welche von der einen und von der andern Flamme dahin kömmt, berechnet, oder aus der Tafel genommen und beyde addirt werden.

V. Richtig; die Berechnung kannst du nun leicht ausführen.



In den Stellen.	Erleuchtung von der Flamme A.	Erleuchtung von der Flamme B.	Sämmtliche Erleuchtung.
M	10000000	9851	10009851
K	3535530	13467	3548997
H	894420	19082	913502
F	316227	28284	344511
D	142607	44432	187039
Mitte C	75429	75429	150858
E	44432	142607	187039
G	28284	316227	344511
I	19082	894420	913502
L	13467	3535530	3548997
N	9851	10000000	10009851

Wir sehen also aus der letzten Columne von Zahlen, die du eben hingeschrieben hast, daß die Erleuchtung in der Mitte am schwächsten seyn müsse. Wenn wir die schwächste Erleuchtung in der Mitte zur Einheit annehmen wollen, so müßten wir mit 150858 in jede der übrigen Zahlen dividiren, oder bequemer, ihren Logarithmen von denen der übrigen abziehen. Du kannst

dir zu deiner Uebung noch diese kleine Mühe nehmen.

Erleuchtung.	Logarithmen.	Logarithmen.	Erleuchtung.
10009851	7,0004274	1,8218501	66,352
3548997	6,5501056	1,3715372	23,525
913502	5,9607095	0,7821411	6,055
344511	5,5372031	0,3586347	2,283
187039	5,2719322	0,0933638	1,239
150858	5,1785684	0,0000000	1,000
187039	5,2719322	0,0933638	1,239
344511	5,5372031	0,3586347	2,283
913502	5,9607095	0,7821411	6,055
3548997	6,5501056	1,3715372	23,525
10009851	7,0004274	1,8218501	66,352

41.

Vortheilhafteste Höhe der Lichtflamme über einem runden Tische.

V. Was wir bisher von der Erleuchtung einer senkrechten Wand betrachtet haben, das gilt,

gilt, wie du ohne mein Erinnern einsehen wirst, auch von Erleuchtung einer jeden andern Ebene, zum Beyspiel des Fußbodens, der Decke und eines Tisches, nur daß bey dem Fußboden und bey dem Tische die senkrechte Erleuchtung nicht Statt findet, weil der Leuchter, oder die Kerze selbst, oder die Lampe Schatten macht. Aber noch eine Frage! Wir haben hier einen kreisrunden Tisch, in dessen Mittelpunct stellen wir das Licht, sollte nicht die Erleuchtung des Tisches stärker oder schwächer werden, je nachdem wir das Licht höher oder tiefer stellen?

W. Sehr natürlich! je höher, desto schwächer die Erleuchtung.

V. Und also je tiefer, desto stärker, nicht wahr?

W. Ja — aber —

V. Ist wieder ein: aber dabey?

W. Aber so ganz tief müßte es doch auch wohl nicht stehen.

V. Es kömmt mir selbst so vor. Wir wollen hier gleich die Probe machen, wir schneiden ein ganz kurzes Endchen, kaum einen halben Zoll hoch, von unserm Lichte ab, und stellen es unmittelbar auf den Mittelpunct des Tisches.

W. Da kann man am Rande gar nichts sehen. Ich glaube, er ist weniger erleuchtet, als wenn das Licht bis zu der Decke des Zimmers erhöhet wäre.

V. Also auch hier wird wohl die Mittelstraße am besten seyn.

W. Augenscheinlich!

V. Es muß wohl in der senkrechten Linie, die wir uns vom Mittelpuncte des Tisches aufgerichtet denken, irgend einen Punct geben, von wo die beste Erleuchtung des Tisches Statt findet.

W. Ich merke, das ist wieder einer von den Fällen, worauf Sie mich schon einigemal geführt haben, wo bey einem gewissen Werthe der einen Größe der größte oder kleinste Werth einer andern Statt findet.

V. So ist es; es heißt auch hier: Est modus in rebus, sunt certi denique fines etc. Aber nun möchten wir wohl gerne wissen, wo hier diese, certi fines sind, nicht wahr?

W. Sie haben mir gewiß die Frage vorgelegt, um sie mir selbst zu beantworten, denn ich würde es wohl nicht allein finden.

V. Directe freylich nicht, das wäre über deine Kräfte, aber indirecte, dächt' ich, müßte es wohl schon gehen.

W. Wie meynen Sie das? Ich verstehe nicht recht, was das hier heißt, directe und indirecte.

V. Doch ist es leicht zu errathen, was ich damit meyne. Als wir neulich durch den Wald gingen, verfehlten wir die Brücke, über welche wir mußten, und kamen zu weit rechts; wir

gingen

gingen eine Strecke zurück, und kamen beym zweyten Versuche zu weit links; so fanden wir die Brücke indirecte. Wenn es darauf ankäme, eine Allee durchzuschlagen, so konnten wir mit unserer Geometrie den Weg directe gerade hindurch führen. Wenn du von einem Puncte eine senkrechte Linie auf eine andere ziehen, oder eine Linie oder Zahl nach einer gewissen Verhältniß eintheilen sollst, so kannst du das entweder so lange probiren, bis es geht, dann findest du es indirecte, oder du kannst durch Hülfe geometrischer und arithmetischer Sätze die Auflösung ohne Versuche, gleich aufs erstemal, richtig treffen, das wäre directe.

42.

Fortsetzung.

W. Also durch Versuche sollte ich die Höhe des Lichts finden?

V. Ja, und zwar durch Versuche in zweyerley Bedeutung des Worts: nämlich erst kannst du durch physikalisches Versuchen ungefähr die Stelle finden, indem du das Licht wirklich höher

und

und niedriger stellst; dann aber den Punct mit mathematischer Genauigkeit durch ein arithmetisches Versuchen bestimmen.

W. Mit dem ersteren wollte ich am leichtesten fertig werden.

V. Das zweyte wird auch so schwer nicht seyn. Wir müssen nur vorher recht deutlich einsehen: wann der Tisch am besten erleuchtet ist. Dies ist er nämlich dann, wenn sein Rand so stark als möglich erleuchtet ist, und warum wohl?

W. Ohne Zweifel, weil dann die übrige Fläche nach der Mitte zu noch stärker erleuchtet ist.

V. Also wir suchen die Höhe der Flamme, bey welcher der Rand des Tisches die stärkste Beleuchtung erhält, die er von einer Flamme erhalten kann, welche irgendwo in der senkrechten Linie über dem Mittelpuncte ist. Nun wäre denn zuerst die Frage, wie drücken wir im Allgemeinen die Erleuchtung aus, welche der Rand des Tisches erhält?

W. Das ist wohl ganz so, wie bey der Wand.

V. Begreiflich! ob die Ebene, welche beleuchtet wird, lothrecht oder wagerecht liegt, das ist für die Erleuchtung ganz gleichgültig. Siehe also in dem, was du dir aufgeschrieben hast, nach.

W.

W. Ich habe es noch behalten. Die Erleuchtung einer Stelle der Ebene verhält sich, wie die senkrechte Höhe der Flamme über der Ebene, dividirt durch die Cubikzahl ihrer Entfernung von der erleuchteten Stelle. Wir drückten es in Buchstaben so aus: $\frac{h}{c^3}$, wofür wir auch setzten: $\frac{h}{\sqrt{(h^2 + t^2)^3}}$, weil nämlich c die Hypothenuse des rechtwinklichten Dreyecks, und also $= \sqrt{(h^2 + t^2)}$ war.

V. Gut! Diesen Ausdruck für die Erleuchtung müssen wir nun recht betrachten und untersuchen, wann wird er größer und wann wird er kleiner? Er enthält zwey Größen: h oder die Höhe der Flamme, und t oder den Halbmesser des Tisches. Wenn also, wie hier, t eine unveränderliche oder beständige Größe ist, so verändert sich die Erleuchtung, je nachdem sich h verändert, oder wie man zu reden pflegt, die Erleuchtung ist hier eine Function von der Höhe der Flamme.

W. Darin ist mir nichts undeutlich.

V. Wenn wir nun also die Höhe der Flamme ganz von unten vom Tische an wachsen lassen, was wird da mit dem ganzen Ausdruck für die Erleuchtung werden? Wird er größer oder kleiner? Nimmt er immer zu oder ab?

W.

W. Aus dem physikalischen Versuche, wie Sie es vorher nannten, weiß ich schon, daß er bis auf einen gewissen Werth von h zunehmen, und dann wieder abnehmen müsse. Aber ich gestehe Ihnen, daß ich es dem Ausdruck $\frac{h}{\sqrt{(h^2+t^2)^3}}$ nicht ansehen konnte, wie lange seine Größe zunehme und wann sie wieder abnehme.

V. Das glaube ich dir. Die Höhe der Flamme, h, kömmt hier im Zähler und Nenner vor, und im Nenner unter ganz andern Verbindungen, als im Zähler, wo sie allein steht. Daher ist es nicht so leicht zu übersehen, wie sich mit ihr die Größe des ganzen Ausdrucks ändert. Wird h größer, so wird freylich der Zähler immer größer, aber auch der Nenner, und die Vergrößerung der letzteren macht den ganzen Ausdruck wieder kleiner.

43.

Fortsetzung.

W. Wollen Sie mir nicht zeigen, wie man dann diese Verhältniß der Aenderungen finden könne?

V. Das möchte uns jetzt wohl etwas zu weit führen, und kann künftig einmal geschehen. Ich dächte, wir begnügten uns fürs erste mit dem arithmetischen Versuchen. Damit wir aber nicht zu weit links und rechts, oder vielmehr hinauf und hinunter gerathen, so nehmen wir das physikalische Versuchen zu Hülfe. Was hast du daraus gefunden?

W. So ungefähr scheint es mir: wenn ich die Flamme eine halbe Elle hoch über den Mittelpunct des Tisches halte, so ist die Beleuchtung am Rande noch nicht ganz so stark, als sie seyn könnte. Wenn ich etwas höher hinauf rücke, so wird sie, deucht mich, stärker. Wenn ich sie aber eine ganze Elle hoch und höher halte, so scheint mir die Erleuchtung schon wieder abzunehmen.

V. Nun, das ist schon etwas, und nicht zu verschmähen. Wir wollen also sehen, was die Rechnung giebt, wenn wir die Höhe zwischen einer halben und einer ganzen Elle nehmen; aber

du

du hast vergessen, mir zu sagen, wie groß der Halbmesser des Tisches ist. Darauf wird es doch wohl auch ankommen.

W. Ja freylich! Der Tisch ist gerade 2 Ellen im Durchmesser, also sein Halbmesser 1 Elle.

V. Also etwas größer als die Hälfte des Halbmessers und etwas kleiner als den ganzen Halbmesser wollen wir unsere Zahlen nehmen.

W. Ich glaube wenigstens, daß die gesuchte Höhe zwischen diese Gränzen fallen wird.

V. Wir könnten also etwa nach und nach $h = \frac{6}{10}, \frac{7}{10}, \frac{8}{10}$ des Halbmessers nehmen, vielleicht treffen wir da schon ziemlich genau den Punct, wo die Erleuchtung ein Maximum wird. Gar weit können wir ihn wenigstens nicht verfehlen.

Wenn wir $h = 0{,}6\,t$ setzen, wie wird da der Nenner unsers Ausdrucks?

W. Der Nenner war $\sqrt{(h^2 + t^2)^3}$. Das wird also $\sqrt{(0{,}36\,t^2 + t^2)^3}$ oder $\sqrt{(1{,}36\,t^2)^3}$.

V. Dies können wir bequemer so ausdrükken: $\sqrt{(1{,}36)^3 . t^3}$, und den ersten Factor $\sqrt{(1{,}36)^3}$ können wir auch so verändern: $1{,}36 . \sqrt{(1{,}36)}$. Nun wollen wir den ganzen Ausdruck $\frac{h}{\sqrt{(h^2 + t^2)^3}}$ diesem gemäß behandeln.

W.

W. Er wird nun so aussehen

$$\frac{0{,}6\ t}{1{,}36 \cdot \sqrt{1{,}36 \cdot t^3}}, \text{ oder}$$

$$\frac{0{,}6}{1{,}36 \cdot \sqrt{1{,}36 \cdot t^2}}.$$

V. Du wirst einsehen, wie man ihn nun schreiben müßte, wenn $h = \frac{7}{10}$ wäre.

W. Da würde er so heißen:

$$\frac{0{,}7}{1{,}49 \cdot \sqrt{1{,}49 \cdot t^2}}.$$

V. Und für $h = \frac{8}{10}$?

W. Würden wir erhalten:

$$\frac{0{,}8}{1{,}64 \cdot \sqrt{1{,}64 \cdot t^2}}.$$

V. Kömmt es uns auf das t^2 an, was wir da im Nenner erhalten?

W. Da es in allen drey Nennern vorkömmt, so bleibt die Verhältniß der Brüche ungeändert, wenn wir es weglassen.

V. Ohne Zweifel, wir thun dadurch nichts anders, als daß wir alle Werthe des Ausdrucks mit dem Quadrat des Halbmessers multipliciren, wodurch ihre Verhältniß nicht gestört wird. Da nun hier alles nur auf Verhältniß ankömmt, so brauchen wir nur die Brüche

$$\frac{0{,}6}{1{,}36 \cdot \sqrt{1{,}36}}, \quad \frac{0{,}7}{1{,}49 \cdot \sqrt{1{,}49}}, \quad \frac{0{,}8}{1{,}64 \cdot \sqrt{1{,}64}}$$

zu berechnen.

W.

W. Das wird leicht geschehen können, ich will Logarithmen dazu nehmen.

Log. 0,6 = 0,7781513 — 1
[Log. 1,36 = 0,1335389
[Log. √ 1,36 = 0,0667694

Log. d. Nenners = 0,2003083

Log. d. Bruchs = 0,5778430 — 1

Die zugehörige Zahl ist 0,37830

Log. 0,7 = 0,8450980 — 1
[Log. 1,49 = 0,1731863
[Log. √ 1,49 = 0,0865931

Log. d. Nenners = 0,2597794

Log. d. Bruchs = 0,5853186 — 1

Die zugehörige Zahl ist 0,38487

Log. 0,8 = 0,9030900 — 1
[Log. 1,64 = 0,2148438
[Log. √ 1,64 = 0,1074219

Log. d. Nenners = 0,3222657

Log. d. Bruchs = 0,5808243 — 1

Die zugehörige Zahl ist 0,38091.

V. Wir sehen also aus dieser kleinen Rechnung schon, daß die Erleuchtung des Randes noch zunimmt, wenn man die Lichtflamme $\frac{6}{10}$ des Halbmessers des Tisches, daß sie aber schon wieder abnimmt, wenn man diese $\frac{8}{10}$ des Halbmessers hoch stellt, und folglich —?

W.

W. Daß der Punct, von wo die Erleuchtung des Randes am stärksten ist, $\frac{7}{10}$ des Halbmessers über dem Mittelpunct erhaben sey.

44.

Fortsetzung.

V. Sollte es wohl ganz genau $\frac{7}{10}$ seyn?

W. Ob ganz genau, das darf man wohl nicht entscheiden. Es können vor und nach $\frac{7}{10}$ noch viel Brüche seyn, die näher an dieser Zahl sind, als die $\frac{6}{10}$ und $\frac{8}{10}$, für die wir gerechnet haben. Der gesuchte Punct kann also wohl noch um ein wenig höher oder tiefer liegen.

V. Das war ganz richtig geurtheilt! Durch höhere Rechnungsmethoden, die du erst künftig kennen lernen wirst, findet man nun directe und genau, daß die gesuchte Höhe der Flamme für die beste Beleuchtung so genommen werden müsse, daß ihr Quadrat gerade die Hälfte vom Quadrate des Halbmessers des Tisches sey. Wäre nun $\frac{7}{10}$ etwas zu groß oder zu klein?

W.

W. Das Quadrat von $\frac{7}{10}$ ist $\frac{49}{100}$; dies ist noch etwas weniger, als $\frac{1}{2}$.

V. Also noch ein wenig, aber auch nur sehr wenig höher müßte die Flamme stehen. Völlig genau läßt sich diese Höhe in Zahlen nicht ausdrücken; sie ist eine Irrationalzahl. Denn wenn, wie ich so eben sagte, $h^2 = \frac{1}{2} t^2$ seyn soll, so ist $h = \sqrt{\frac{1}{2}} . t$. Aber $\sqrt{\frac{1}{2}}$ ist eine Irrationalwurzel. Du weißt doch, was das heißt?

W. Es heißt, eine Wurzel, die sich nicht genau ausdrücken läßt, weil die Zahl, aus der sie gezogen werden soll, weder das Quadrat einer ganzen Zahl, noch eines Bruchs ist.

V. Berechne einmal die Wurzel von $\frac{1}{2}$.

W. Mit Logarithmen erhalte ich

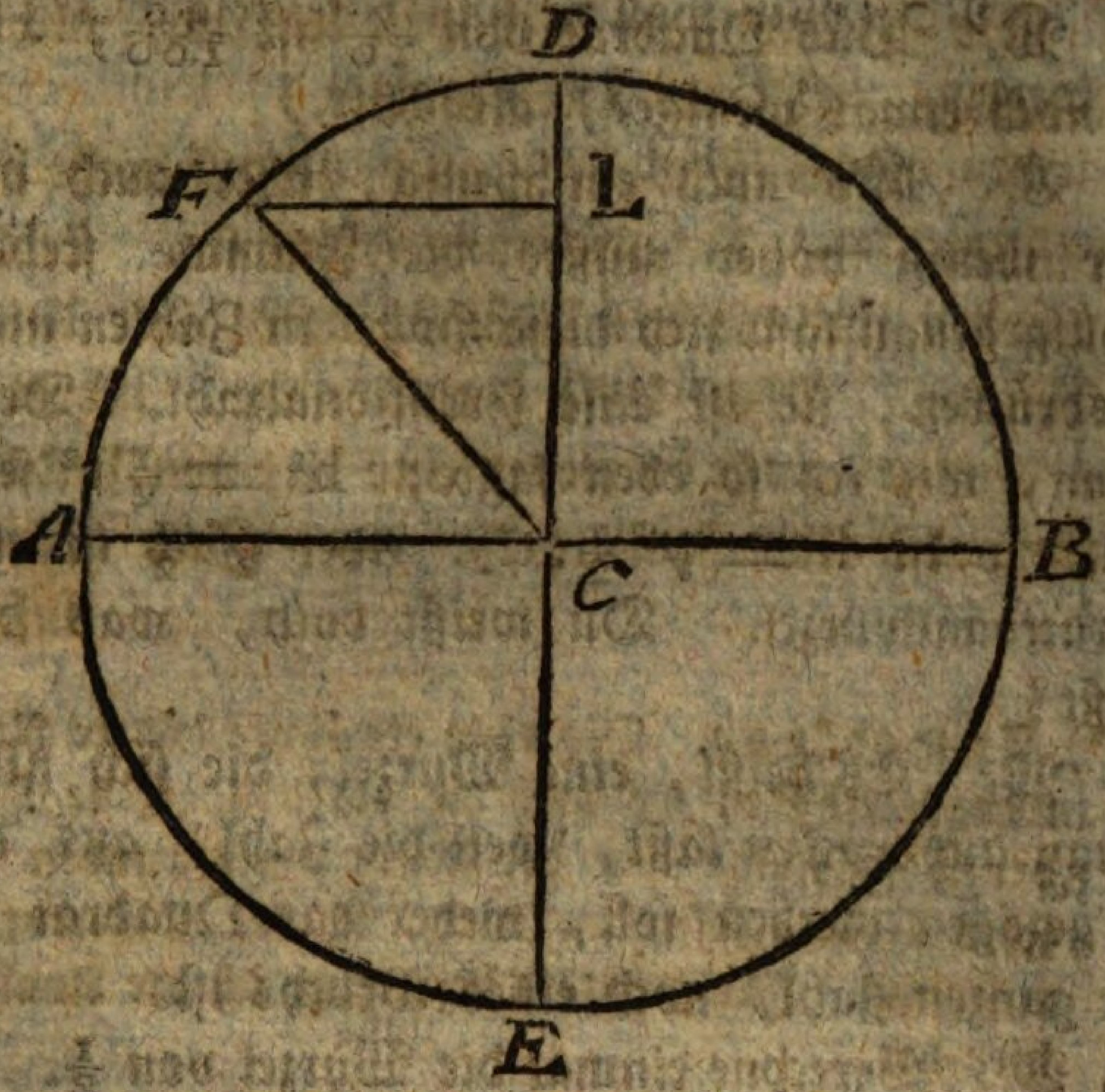
Log. $\frac{1}{2}$ oder Log. 0,5 = 0,6989700 — 1

Log. $\sqrt{\frac{1}{2}}$ . . . . = ²) 0,3494850 — $\frac{1}{2}$

oder 0,8494850 — 1

Die zugehörige Zahl ist $\sqrt{\frac{1}{2}} = 0{,}7071068$.

V. Wir konnten also mit unsern $\frac{7}{10}$, die wir schon vorhin fanden, vollkommen zufrieden seyn. — Das war also gerechnet. Nun will ich dir aber auch zeigen, wie wir diese Höhe auf unserm runden Tischblatte selbst mit ein Paar Kreidenstrichen durch Zeichnung finden können.



Dazu ist nämlich weiter nichts nöthig, als dies: Wir ziehen erst zwey Durchmesser AB und DE auf einander senkrecht, halbiren sodann einen Quadranten AD in F, und ziehen FL senkrecht auf CD, so ist dies FL, oder auch die ihm gleiche Linie CL die gesuchte Höhe. Du verstehst Geometrie genug, um die Richtigkeit hiervon einzusehen.

W. Im rechtwinklichten Dreyeck FCL ist nach dem pythagorischen Lehrsatze

$$FC^2 = FL^2 + CL^2$$
$$= 2\,CL^2$$

also $CL^2 = \frac{1}{2} FC^2$, wie es Ihrer vorigen Belehrung nach seyn muß.

Die

Die Zeichnung ist doch weit leichter, als die Rechnung. (S. die Titelvignette.)

V. Das ist wahr! aber vergiß nicht hinzuzusetzen: — die Rechnung lehrte sie. Leichte Methoden sind oft das Resultat mühsamer Untersuchungen. Wer diese heruntersetzt, indem er jene benutzt, zeigt entweder eine Art von Undankbarkeit oder Unwissenheit *). — Zum Schluß unserer

*) Anmerkung. Die oben erwähnte höhere Rechnungsmethode, wodurch die vortheilhafteste Höhe der Lichtflamme über der Mitte eines runden Tisches directe gefunden wird, ist die Differentialrechnung. Für geübtere Leser setze ich die Analysis hier her.

Es sey die Erleuchtung $= l = \frac{h}{c^3} = h \cdot c^{-3}$.

Folglich $dl = c^{-3}dh - 3hc^{-4}dc$.

Nun ist $c = (h^2+t^2)^{\frac{1}{2}}$ also $c^{-4} = (h^2+t^2)^{-2}$

und $c^{-3} = (h^2+t^2)^{-\frac{3}{2}}$.

Ferner $dc = d(h^2+t^2)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2}(h^2+t^2)^{-\frac{1}{2}}d(h^2)$

$= \frac{1}{2}(h^2+t^2)^{-\frac{1}{2}}2hdh = (h^2+t^2)^{-\frac{1}{2}}.h.dh$.

Folglich $dl = (h^2+t^2)^{-\frac{3}{2}}dh$

$-3h.(h^2+t^2)^{-2}.(h^2+t^2)^{-\frac{1}{2}}.h.dh$.

Oder

$dl = \left[(h^2+t^2)^{-\frac{3}{2}} - 3h^2.(h^2+t^2)^{-\frac{5}{2}}\right]dh$.

Für

unserer Untersuchung könntest du noch die Winkel des rechtwinklichten Dreyecks ACL berechnen, welches dir nicht schwer fallen wird.

W. Ich setze, um den Winkel A zu finden, die Proportion auf

$$AC : CL = \text{sin. tot.} : \text{tang. } CAL$$

oder $1 : \sqrt{\tfrac{1}{2}} = \text{sin. tot.} : \text{tang. } CAL$

und finde $\log. \text{sin. tot.} = 10{,}0000000$

$$\log. \sqrt{\tfrac{1}{2}} = 0{,}8494850 - 1.$$

$$\log. \text{tang. } CAL = 9{,}8494850$$

Dies giebt den Winkel $CAL = 35^\circ\ 15'\ 51''$

und folglich den Winkel $CLA = 54^\circ\ 44'\ 9''$

V. Du hast ja recht genau gerechnet. Indessen, besser etwas zu genau, als etwas zu nachlässig.

Für einen größten Werth von l wird $dl = 0$

Also $(h^2+t^2)^{-\frac{3}{2}} - 3h^2(h^2+t^2)^{-\frac{5}{2}} = 0$

oder $(h^2+t^2)^{-\frac{3}{2}} = 3h^2(h^2+t^2)^{-\frac{5}{2}}$

oder $\dfrac{1}{\sqrt{(h^2+t^2)^3}} = 3h^2 . \dfrac{1}{\sqrt{(h^2+t^2)^5}}$

oder $\sqrt{(h^2+t^2)^5} = 3h^2 . \sqrt{(h^2+t^2)^3}$

folglich $\sqrt{(h^2+t^2)^2} = 3h^2$

das ist $h^2+t^2 = 3h^2$

folglich $t^2 = 2h^2$

oder $\tfrac{1}{2}t^2 = h^2$

und $h = t.\sqrt{\tfrac{1}{2}} = t . 0{,}7071068$ wie oben angegeben war.

45.

Erleuchtung eines Tisches und eines Pultes.

W. Bey dem, was Sie mich über die vortheilhafteste Höhe der Lichtflamme über dem runden Tische finden ließen, sind mir noch ein Paar Fragen eingefallen. Die eine habe ich mir, glaube ich, selbst hinlänglich beantwortet; aber mit der andern konnte ich nicht aufs Reine kommen.

V. Nun, und welche waren es denn? Du weißt, daß ich dir gerne zurecht helfe, wo ich kann.

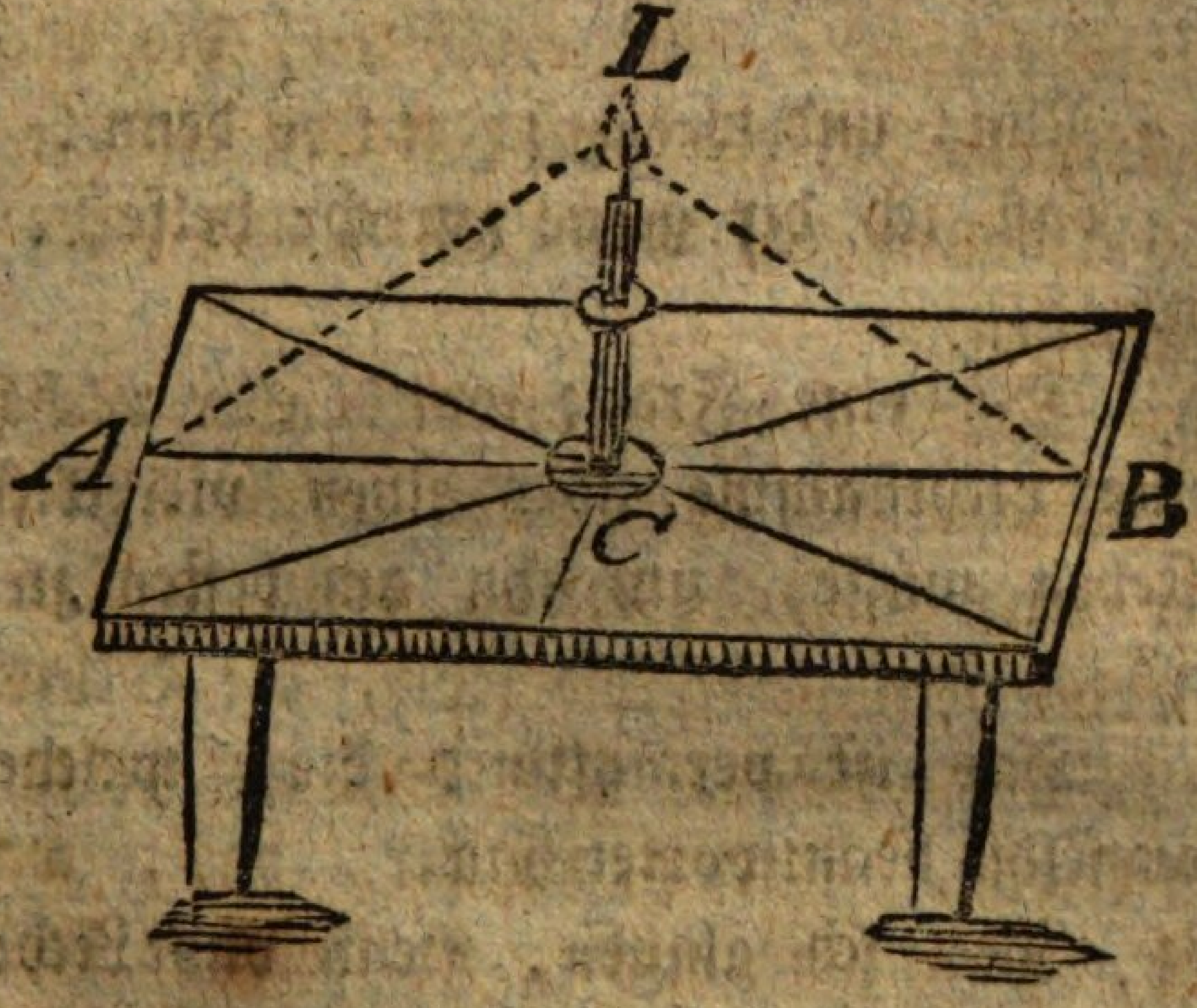
W. Die eine Frage war die: wie hoch denn eine Lichtflamme über einen viereckichten Tisch stehen müsse, um ihn am besten zu erleuchten?

V. Das ist vermuthlich die, welche du dir schon selbst beantwortet hast.

W. Ja! ich glaube, wenn das Licht in der Mitte des Tisches steht, wo sich seine beyden Diagonalen durchschneiden, so müßte man statt des Halbmessers bey dem kreisrunden Tische, hier eine solche halbe Diagonale nehmen, und übrigens ganz wie vorhin verfahren.

V. Du hast richtig geschlossen, wenn man es nemlich zur Bedingung macht, auch die Ecken

so gut wie möglich zu erleuchten. Will man die Bedingung auf die Mitte der kürzern Seite stellen, so muß man statt des Halbmessers die halbe Länge des Tisches nehmen, und will man endlich nur auf der Mitte der langen Seite das beste Licht haben, so muß man die halbe Breite des Tisches statt des Halbmessers nehmen. Da auf den Ecken gewöhnlich kein Papier o. dgl. zum Lesen, Schreiben u. s. w. gelegt wird, so wäre es wohl am besten, die Mitte der kurzen Seiten bey A und B so gut als möglich zu erleuchten.



Deine erste Frage hätten wir also abgefertigt; nun die zweite, womit du, wie du sagtest, nicht aufs Reine kommen konntest.

W. Diese fiel mir ein, als ich Sie an ihrem Pulte stehen und schreiben sah. Die Lampe stand oben auf dem horizontalen Brette des Pultes,

das Papier aber lag auf der schrägen Klappe. Da schien mir die Erleuchtung nicht am vortheilhaftesten zu seyn, und ich wollte nun suchen, wie hoch die Lampe stehen müßte, um die schräge Klappe so gut als möglich zu erleuchten.

V. Und das wollte dir nicht gelingen? Die Sache wird doch so schwer nicht seyn.

W. Es kommt mir oft eine Sache leicht vor, die ich unter Anweisung lerne; ich denke dann wohl: das hätte ich auch selbst finden können; aber wenn ich nun einmal selbst etwas finden will, so geht es mir wie der Tischgesellschaft, wovon Sie einst erzählten, die das Ey des Columbus auf die Spitze stellen sollte. Ich kann es erst nachher, wenn ich es mir habe vormachen lassen.

V. Dadurch mußt du dich aber nicht von eigenem Nachdenken abschrecken lassen. Je schwerer dir eine Aufgabe wird, desto größer muß auch deine Beharrlichkeit seyn, die Schwierigkeiten zu überwinden. Du hast auf jeden Fall Nutzen davon. Gelingt es dir, das, was du suchtest, herauszubringen, so belohnt dich das schöne Gefühl deiner Kraft und der Erweiterung des Gebiets deiner Kenntnisse. Das Wohlgefallen an einer durch eigene Anstrengung gemachten Eroberung im Reiche der Wahrheiten ist weit edler und befriedigender, als es je die Freude eines Eroberers neuer Länderprovinzen seyn kann. Gelingt es dir nicht, so ist freylich ein gewisses Mißbehagen

behagen eine unvermeidliche Folge; aber du kannst dich damit beruhigen, daß auch auf nichtgelungene Arbeit angewandte Zeit nicht eben verlohrne Zeit ist: sondern daß auch eine Arbeit, die des materiellen Zwecks verfehlte, doch den formellen erreichte. Beym Wettlauf hat auch der, welcher das Ziel und den Preis nicht erreichte, doch mit gelaufen, und dieses Laufen selbst, diese Uebung seiner Kräfte kann ihm der Zweck seyn. Wer eine mathematische Aufgabe bearbeitete, er mag nun die Auflösung gefunden haben oder nicht, hat doch auf jeden Fall nachgedacht, Vorstellungen combinirt, Schlüsse an Schlüsse gereihet, und so seine edelsten Kräfte, die ihm hoffentlich auch nach dem Tode bleiben, geübt und vergrößert.

Aber wir wollen (Tab. 1. Fig. 1.) an das Pult zurückkehren. Du hast vollkommen Recht, daß die Erleuchtung mit der Lampe, die oben auf dem horizontalen Brette stand, nicht die vortheilhafteste war. Die Flamme müßte nemlich um ein gut Theil höher seyn. Weil wir eine Lampe nicht bequem in die erforderliche Höhe stellen können, so wollen wir eine lange Kerze auf einem hohen Leuchter nehmen. Was machte dir denn nun Schwierigkeit bey deiner kleinen Untersuchung?

W. Es war mir hier kein Halbmesser des Tisches gegeben; also beydes, sowohl die Höhe der Lichtflamme, welche die eigentlich gesuchte

Größe war, als auch der Halbmesser, durch welchen eben vorhin die Höhe gefunden und ausgedrückt wurde, waren mir unbekannt, und der Leuchter steht auch nicht, wie bey dem Tische, senkrecht auf die zu erleuchtende Ebene.

V. Das letzte ist ganz gleichgültig. Wenn L die Lichtflamme in der für die beste Beleuchtung gehörigen Höhe ist, so ist diese Höhe, welche wir suchen, L C, und nicht L D. Nämlich wir verlängern die Linie A B, welche den Durchschnitt der Ebene des schrägen Pultes vorstellt, bis C, wo eine von L auf sie senkrecht gezogene Linie eintrifft.

W. Ja! aber eben der Punct L, wie finde ich diesen?

V. Geduld! Du weißt doch aus der Berechnung, wie groß der Winkel an A seyn muß.

W. Er war 35 Grad 15 Minuten. Ich wollte es aber ohne Winkelmesser, bloß durch Zirkel und Lineal, finden, und da fehlt mir der Halbmesser C A.

V. Auch das! Auf die absolute Größe des Halbmessers kommt nichts an. Du nimmst irgend einen beliebigen Halbmesser, zum Beyspiel, die Breite der Klappe B A, beschreibst aus B einen Kreis oder Quadranten A E, halbirst ihn in F, ziehst F G, so hast du den Punct G, welcher die Lage der Linie A G bestimmt. Diese Linie A G gehörig verlängert, und die in D, wo der Leuchter steht, senkrecht aufgerichtete Linie schneiden

den einander in L, und hier ist der Ort der Lichtflamme.

W. Da möchte ich nun wieder sagen: das hätte ich auch allein finden können, es ist ja so leicht!

V. Du würdest es auch gewiß selbst gefunden haben, wenn du nicht eher abgelassen hättest. Es gilt von solchen Untersuchungen, was ein alter Philosoph sagt: Non, quia difficilia sunt, non audemus; sed, quia non audemus, difficilia sunt.

W. Die Beleuchtung wäre also doch wohl besser, wenn das Licht nicht oben auf dem Brette, sondern weiter herunter in G H stände.

V. Allerdings! Da man bey einem Pulte nur gute Beleuchtung in der Gegend von A verlangt, so kann man die Flamme in der Linie L A weiter herunter rücken. In G wird sie weit mehr Dienste thun, als in L, weil sie dem Papiere näher ist. Ist L A zweymal so groß, als G A, so wird die Flamme in G eine viermal stärkere Erleuchtung in der Gegend von A verursachen, als eben die Flamme, wenn sie in L stände.

46.

Die Camera obscura.

Warum lassen Sie denn die Kammer da oben so dicht verwahren, fragte Carl; so hoch wird wohl Keiner einbrechen?

V. Vor dem Einbrechen sind wir hier auch ohnehin ziemlich sicher; überdem würde einer seine Mühe schlecht belohnt finden, denn die Kammer ist finster und leer. — Ich wollte euch eben heute hineinführen, damit ihr sehet, was darin zu sehen ist.

In einer finsteren und leeren Kammer unter dem Dache, meinte Carl, wird wohl nicht viel zu sehen seyn.

V. Das wird sich zeigen. Es ist noch dazu gerade etwas für euch Kleineren, die ihr noch mehr Vergnügen am Ansehen als am Nachdenken findet. Stoff zu letzterem werden aber Wilhelm und die übrigen größeren auch genug daraus hernehmen können.

Er ging auf den Boden.

V. Was ihr hier sehet, oder eigentlich nicht sehet, ist eine finstere Kammer, oder Camera obscura. —

Die kleineren Zuschauer hatten eben große Lust, über diesen Eingang und über ihre Einsper-

sperrung zu lachen; aber die Oeffnung eines kleinen Schiebers in dem dichten Fensterladen brachte statt dieser Unschicklichkeit ein bewunderndes Ah! hervor. An der gegenüberliegenden Wand zeigten sich, zwar schwach beleuchtete, aber doch kenntliche umgekehrte Bilder von den Gegenständen draußen; Bäume, Häuser, Menschen, Pferde, Vögel — mahlten sich in umgekehrter Stellung ab, und das ganze Gemählde ahmte die Bewegungen der belebten Gegenstände und der Zweige, welche der Wind hin und her wiegte, aufs vollkommenste nach.

V. Nun? Jetzt seht ihr doch etwas?

O ja! Es ist recht schön! Wenn es nur ein wenig heller wäre!

V. Heller können wir es machen; aber es wird dann weniger deutlich. Jetzt ist die Oeffnung im Fensterladen nur wie eine Erbse groß; ich könnte sie zwar größer machen und eine Linse einsetzen —

Eine Linse?

V. Eine Glaslinse nemlich: dann würden wir Deutlichkeit und Licht zugleich haben. Wenn wir aber die leere Oeffnung vergrößern, so erhalten wir das letztere mit Verlust der ersteren.

Und wenn nur nicht Alles auf dem Kopfe stände!

V. Auch dem ließe sich abhelfen; wir wollen das aber versparen. Ich wollte euch jetzt bloß die ganz einfache und unkünstliche Camera

obscura

obscura zeigen. Ihr seht, es ist hier nichts weiter angebracht, als die kleine Oeffnung im Fensterladen. Jeder Lichtstrahl, der von irgend einem Puncte eines Gegenstandes ausgeht, führt gleichsam das Bild dieses Punctes mit sich, und mahlt es auf jeder undurchsichtigen Fläche ab, auf welche es trifft. Wir sehen es aber nicht, wenn sich mehrere solcher Bilder mit einander vermischen, sondern nur dann, wenn wir es so einrichten, daß auf einen Punct der auffangenden Fläche auch nur Strahlen von einem Puncte des Gegenstandes gelangen können. Die sämtlichen von einem ganzen Gegenstande, z. B. von einem Baume, ausgehenden Strahlen (Tab. 1. Fig. 2), machen also ein Bild des ganzen Baumes, welches umgekehrt stehen muß, weil die Strahlen sich in der Oeffnung durchkreuzen. Der Strahl von dem Gipfel A geht durch die Oeffnung E nach a; der vom Fuß D aber nach d. Doch, ihr seht das ohne meine weitere Erläuterung von selbst ein.

Ist die Oeffnung E nun sehr klein, so können von einem Puncte des Gegenstandes, z. B. von A, nur Strahlen nach der Stelle a, nicht aber nach andern Stellen hinkommen; und eben so wenig können andere Puncte des Objects Strahlen nach a schicken. Daher sieht man in a nur den Punct A und keinen andern abgebildet. Weil aber die Oeffnung klein ist, so kommt von jedem Puncte des Objects nur wenig Licht auf die auf-

auffangende Fläche, daher ist die Helligkeit des Bildes so geringe.

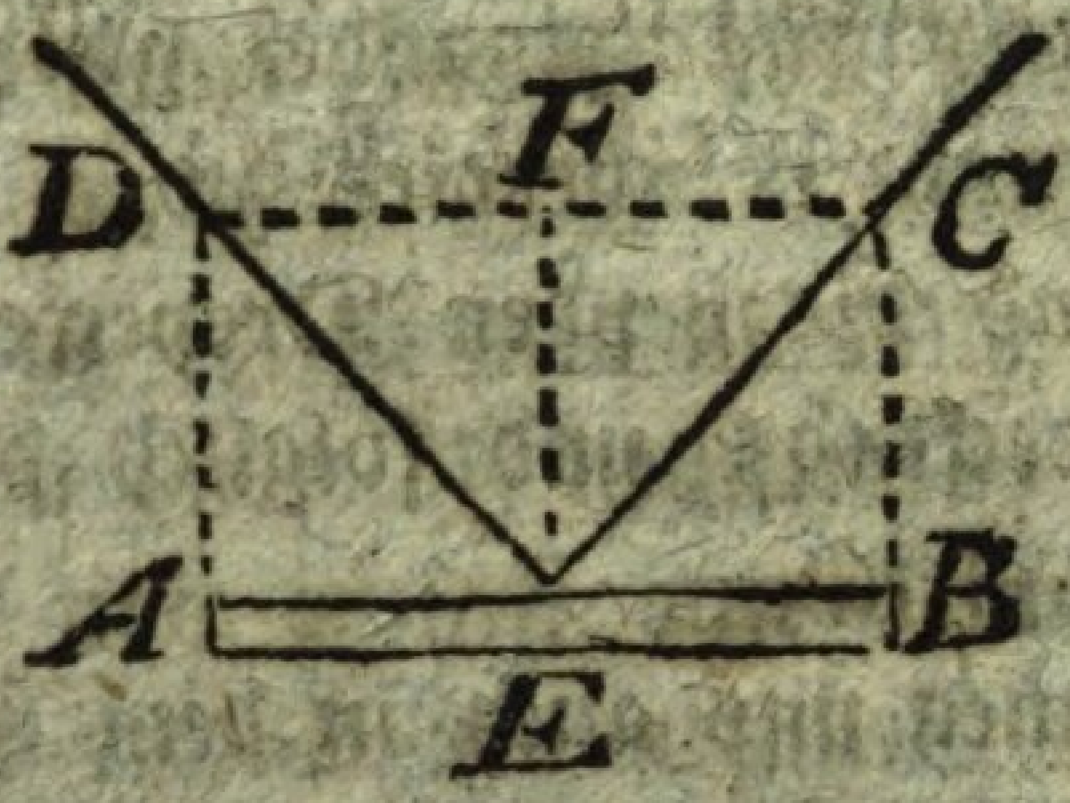
Macht man die Oeffnung größer, so kommt zwar mehr Licht herein, die Helligkeit wird größer; aber nun verliert sich die Deutlichkeit, weil jeder Punct des Objects einen Lichtkegel durch die Oeffnung schickt, folglich die Strahlen, die einem Puncte zugehören, auf der Wand einen beträchtlichen Raum einnehmen. Was also am Gegenstande Puncte sind, wird in dem Bilde zu lauter kreisförmigen und elliptischen Flächen, und was Linie seyn sollte, wird eine Fläche von beträchtlicher Breite. Alle Gränzen der Bilder werden unbestimmt und gleichsam verwaschen. Ist die Oeffnung sehr groß wie die eines ganzen Fensters, so vermischen sich die Bilder aller Punkte mit einander, und wir sehen gar kein Bild mehr.

47.

Zurückwerfung des Lichts von ebenen Spiegeln.

V. Unsere Camera obscura soll uns noch zu einigen Beobachtungen dienen, die eben so lehrreich als angenehm seyn werden. Zuerst kön-

können wir das Phänomen der Zurückwerfung der Lichtstrahlen etwas näher untersuchen. Wir lassen zu dem Ende einen Sonnenstrahl durch die Oeffnung einfallen, und legen einen ebenen Spiegel, AB, horizontal auf den Tisch, so daß der Strahl in dessen Mitte E auftrifft.



Dies ist leicht zu erhalten, denn die Mitte des Spiegels können wir durch den Durchschnitt seiner beyden Diagonalen, und den Weg des Sonnenstrahls durch die erleuchteten Stäubchen, welche in der Luft schwimmen, bemerken. Wir sehen nun hier auch an eben diesen erleuchteten Stäubchen, daß der Strahl vom Spiegel wieder abprallt, und schräg nach der entgegengesetzten Seite zurückgeworfen wird. Dasselbe Phänomen sehen wir, wenn die Sonne auf eine Tasse mit Wasser scheint. Unserm Augenmaße wird es schon bey einiger Aufmerksamkeit so vorkommen, daß der Winkel, unter welchem der Strahl auf den Spiegel fällt, demjenigen, unter welchem er wieder abprallt, wohl gleich seyn möchte. An unserm Spiegel nun können wir uns hiervon mit dem

dem Maaßstabe in der Hand überzeugen. Da der Strahl auf die Mitte des Spiegels einfällt, so ist AE = EB. An A und B halten wir senkrecht unsern Maaßstab, und messen die Linien AD und BC, nämlich von den Enden des Spiegels senkrecht bis zu dem einfallenden und zurückgeworfenen Strahl. Auch diese beyden Linien finden wir genau einander gleich. Da wir nun bey A und B überdies zwey rechte Winkel haben, so sind die beyden Dreyecke AED und BEC sich deckend, und folglich die Winkel an E in beyden gleich.

Wir können uns auch in dem Einfallspuncte E eine senkrechte Linie aufgerichtet vorstellen, die wir das Einfallsloth nennen. Die Winkel zu beyden Seiten dieser Linie, nämlich der Einfallswinkel DEF, und der Zurückstrahlungswinkel CEF, sind begreiflich ebenfalls einander gleich.

Das Licht befolgt hierin ganz dasselbe Gesetz, wie ein elastischer Ball, welcher schräg gegen die Wand oder gegen den Fußboden geworfen wird, auch dieser springt unter eben dem Winkel zurück, unter welchem er auftraf, wovon wir uns schon ehemals unterhalten haben.

W. Wir erinnern uns noch sehr wohl. Sie erklärten uns dieses Gesetz bey Gelegenheit des Billardspiels. — Aber sieht man den zurückgeworfenen Strahl, den wir hier in der finstern Kammer so deutlich vom Spiegel zurückprallen sehen, nicht auch, wenn man statt des Spiegels

eine

eine andere Ebene, zum Beyspiel ein mit Papier überzogenes Reisbret, hinlegt?

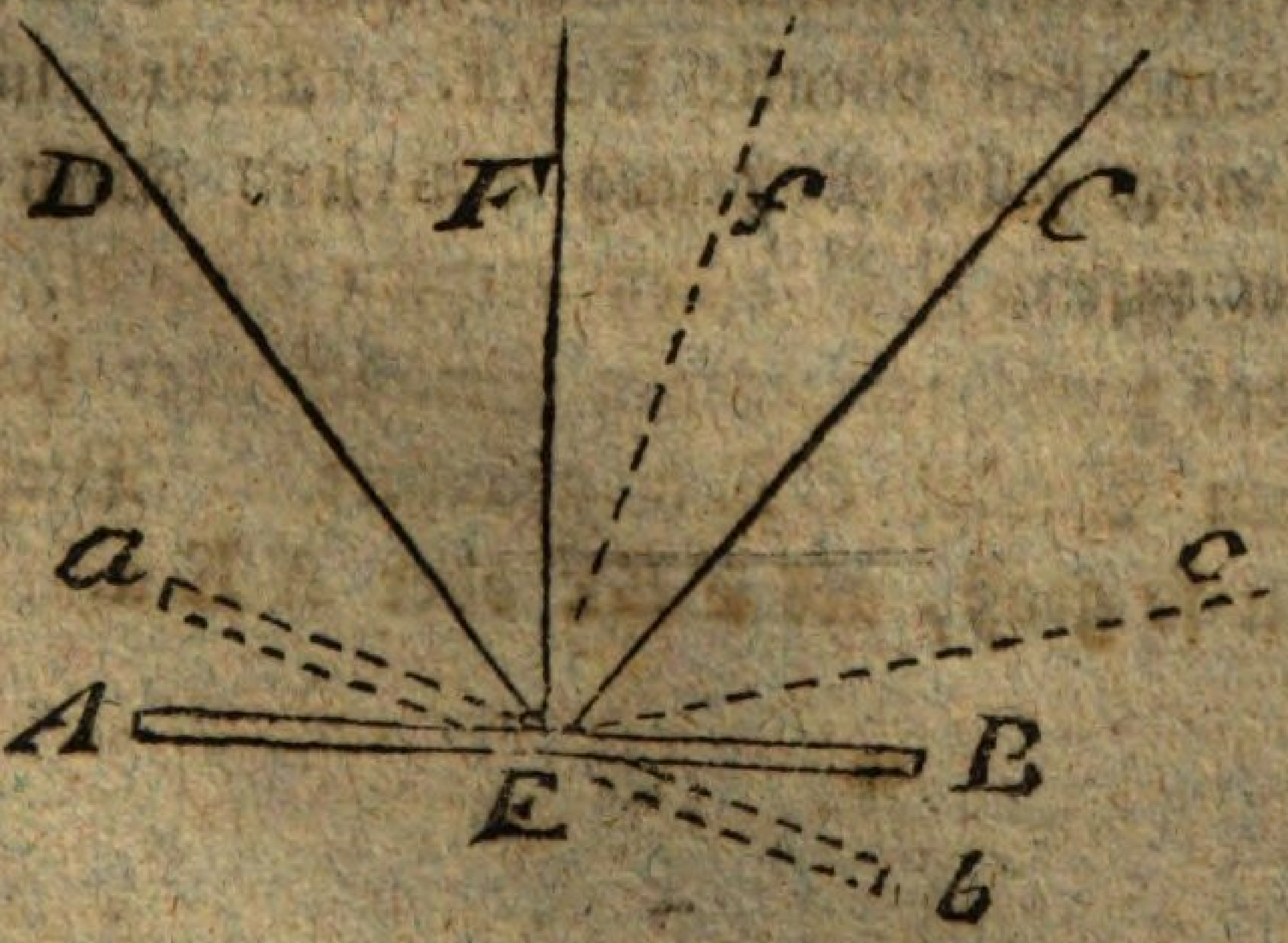
V. Den Versuch können wir sogleich anstellen. — (Tab. 1. Fig. 3.) Ihr seht jetzt keinen zurückgeworfenen Strahl mehr. Auch ist dies nicht schwer zu erklären. Ihr habt schon Stückchen Papier u. dgl. unter dem Vergrößerungsglase gesehen, und wißt, wie rauh da auch solche Flächen erscheinen, die man, mit bloßen Augen angesehen, für recht eben und glatt halten sollte. Für die Feinheit des Lichts hat auch geglättetes Velinpapier noch Berge und Thäler. Ein Lichtstrahl DE, oder vielmehr ein solches Bündel von unzähligen Strahlen, welches durch eine noch so kleine Oeffnung des Fensterladens einfällt, trifft also immer eine solche Unebenheit, wo kleine Flächen nach allen Richtungen den Strahlen entgegen liegen. Begreiflich wird also der ganze Strahlen-Fascikel nicht mehr nach der Zurückprallung von dieser unebenen Fläche zusammen bleiben können. Die einzelnen Strahlen, die im Einfallen parallel neben einander gingen, werden nach aller Richtung aus und durch einander geworfen.

48.

Aenderung der Lage des zurückgeworfenen Strahls.

Ihr habt euch schon oft mit einem kleinen Taschenspiegel das Vergnügen gemacht, denselben schief gegen die Sonne zu halten, und durch eine Wendung der Hand den Schein an der Decke des Zimmers blitzschnell hin und her fliegen zu lassen. Wilhelm soll uns über diese Erscheinung eine kleine geometrische Untersuchung anstellen. Wie ändert sich der Weg des zurückgeworfenen Strahls, wenn die Lage der Spiegelebene sich gegen den einfallenden Strahl ändert?

W. Ich zweifele, ob ich ohne Ihre Hülfe die Frage werde beantworten können.



V. Wir wollen uns eine Figur dazu entwerfen: AB sey der Spiegel in seiner anfänglichen Lage, EF das Einfallsloth, DE der einfallende, EC der zurückgeworfene Strahl. In der zweyten Lage sey ab der Spiegel, also Ef das Einfallsloth, der einfallende Strahl DE bleibt derselbe wie vorhin. Ich will es dir nun überlassen, den zurückgeworfenen Strahl zu zeichnen.

W. Ich muß diesen zurückgeworfenen Strahl in die Lage Ec ziehen, so daß der Einfallswinkel DEf gleich dem Zurückstrahlungswinkel fEc werde.

V. Nun wirst du auch sehr leicht hinzusetzen können, wie sich die Lage des Spiegels, des Einfallslothes und die Lage des zurückgeworfenen Strahls geändert haben.

W. Die Lage des Spiegels ist um den Winkel AEa geändert. Die Lage des Einfallslothes um den Winkel FEf. Dieses ist aber offenbar mit dem vorigen einerley; denn beyde machen mit aEF einen rechten Winkel. Die Lage des zurückgeworfenen Strahls aber hat sich um den Winkel CEc geändert. Dieser ist doppelt so groß, als FEf oder AEa. Denn es ist

der

der Winkel	DEf = DEF + FEf
und folglich auch	fEc = DEF + FEf
folglich	DEc = 2DEF + 2FEf
oder wenn man	DEC = 2DEF von beyden abzieht,
bleibt	CEc = 2FEf

V. Du hast deinen kleinen Beweis ganz ordentlich gemacht: also was hätten wir nun daraus im Allgemeinen gelernt?

W. Wenn die Lage des ebenen Spiegels gegen den einfallenden Strahl um einen gewissen Winkel geändert wird, so wird die Lage des zurückgeworfenen Strahls gerade um einen doppelt so großen Winkel geändert.

V. Merke dir dieses Gesetz; ich werde in der Folge einmal wieder darauf zurückkommen, wenn ich dir ein gewisses vortreffliches Werkzeug erkläre, womit man Winkel sehr genau messen kann.

49.

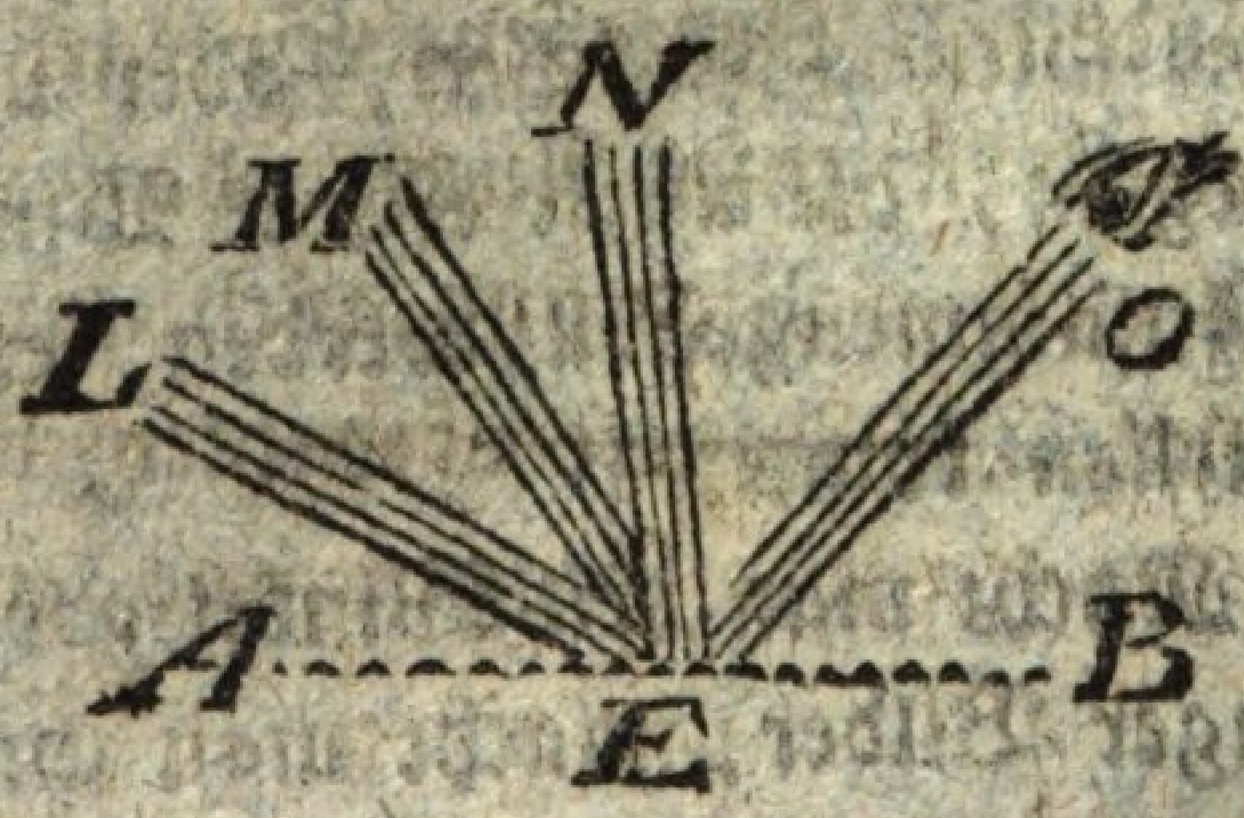
Bilder im ebenen Spiegel.

V. Die ebenen Spiegel haben die Eigenschaft, wie ihr wißt, daß sie Bilder der Gegenstände zeigen, die den Originalen ganz ähnlich sehen. Dies hat sie so beliebt, und nicht nur zu einem gewöhnlichen Stück des Hausraths, sondern auch zu einem sehr bedeutenden Zweige des Luxus gemacht. Wir müssen doch diese merkwürdige Eigenschaft ein wenig näher betrachten.

Zuerst die Frage: woher mag es kommen, daß Spiegel Bilder zeigen?

W. Ohne Zweifel, weil die Strahlen unter demselben Winkel zurückgeworfen werden, wie sie einfallen.

V. Was du eben sagst, gilt eigentlich von jeder kleinen Ebene auch in einer unpolirten Fläche, zum Beyspiel eines Blattes Papier.



Aber

Aber bey einer unpolirten Fläche empfängt unser Auge in einer und eben derselben Richtung, zurückgeworfene Strahlen von mehreren verschiedenen Gegenständen und von mehreren verschiedenen Puncten eines Gegenstandes. Es sey AB die unpolirte Fläche eines Blattes Papier, welches übrigens, in der Sprache des gemeinen Lebens zu reden, eben seyn mag.

Von irgend einem physischen Puncte, das heißt, von einer sehr kleinen Stelle des Gegenstandes gehe ein Strahlenbündel ME aus, welches bey E eine sehr kleine Stelle des Papiers trift. Ein Theil dieses Strahlenfascikels trift hier auf unendlich kleine Ebenen, die in der Richtung AB liegen, und wird in der Richtung EO in das Auge O zurückgeworfen. Aber mit eben diesem zurückgeworfenen Strahlenbündel werden sich andere vermengen. Denn auch die von andern Stellen L und N herkommenden Strahlen werden in der Stelle E unendlich kleine Ebenen treffen, die so liegen, daß Strahlen davon in derselben Richtung EO zurückgeworfen werden. Das Auge wird also keinen physischen Punct, M, allein empfinden. Der ebene Spiegel aber schickt die Strahlen so in unser Auge, daß es in einer und eben derselben Richtung auch nur von einem und eben demselben Puncte Strahlen bekömmt.

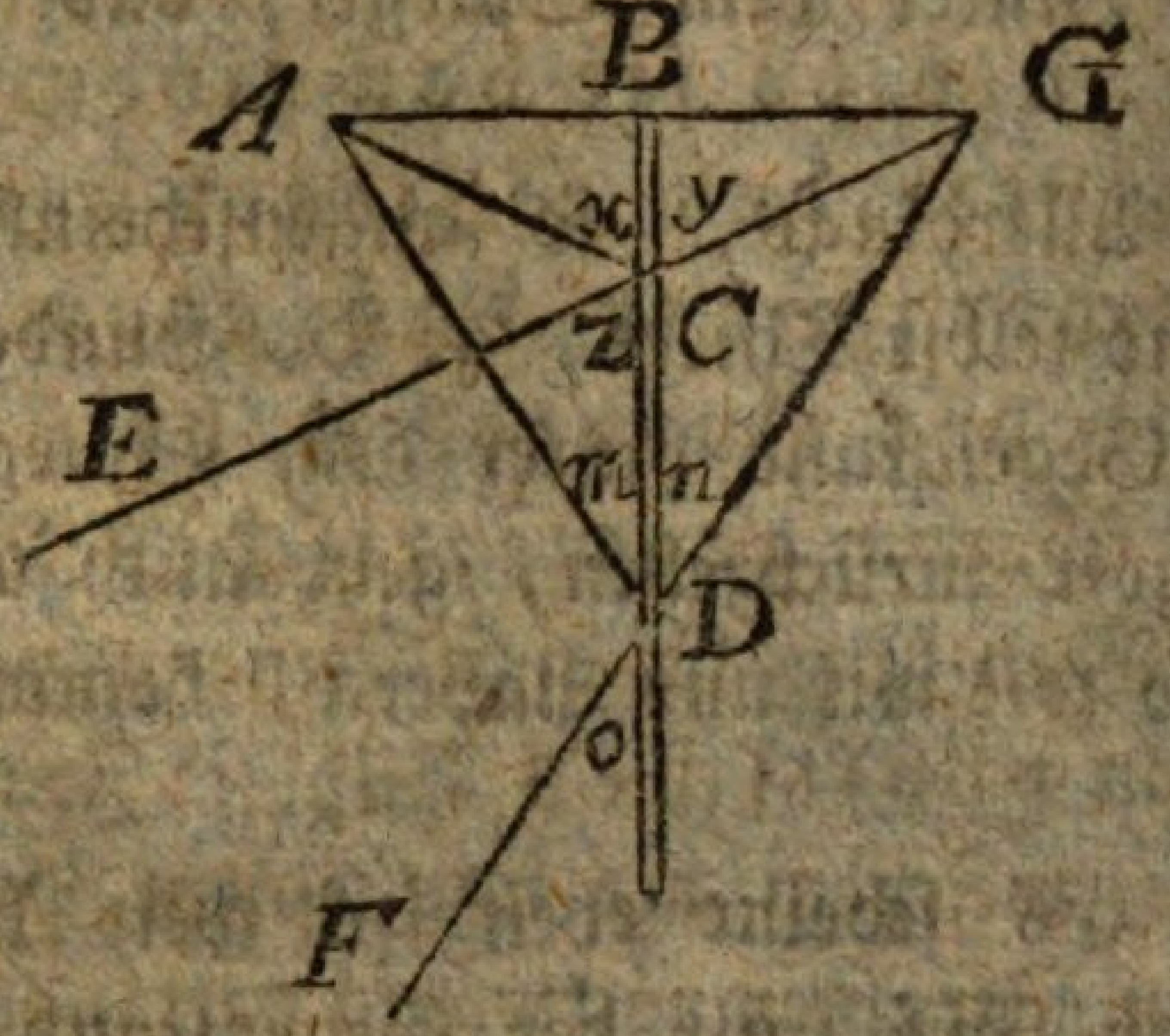
Nun eine zweyte Frage: wo erscheint uns das Bild?

W. Hinter dem Spiegel, das ist augenscheinlich.

V. Allerdings, so augenscheinlich, daß Kinder und selbst Thiere, z. B. Hunde und Affen, den Gegenstand hinter dem Spiegel suchen. So wie wir zurückgehen, geht auch unser Bild zurück, so wie wir uns nähern, kommt es uns entgegen.

W. Es scheint eben so weit hinter dem Spiegel zu seyn, als der Gegenstand selbst vor demselben. Die Stube sieht, im Spiegel abgebildet, eben so geräumig aus, als sie wirklich ist.

V. Was du hier nach dem Augenscheine ganz richtig beurtheilt hast, wollen wir auch geometrisch zu beweisen suchen. Wenn wir einen Spiegel zeichnen, von einem Puncte zwey Strahlen, die auf zwey verschiedene Stellen desselben fallen, nebst deren zurückgeworfenen Strahlen ziehen, und diese letzteren hinter den Spiegel verlängern, bis sie sich schneiden, so wird der Beweis des Satzes sogleich einleuchten.



Es sey BD der Spiegel, und A ein leuchtender Punct, von welchem Strahlen auf C und D fallen, so machen die zurückgeworfenen Strahlen, CE und DF, gleiche Winkel mit der Fläche des Spiegels, wie die einfallenden. Es ist also Winkel x = z und z = y, folglich auch x = y, und auch die Nebenwinkel ACD = GCD.

Ferner ist für jeden andern Strahl bey D der Winkel m = o, und o = n, folglich m = n. Die beyden Dreyecke ADC und GDC haben überdem die Seite CD gemein, folglich decken sie sich.

Was wir jetzt von den beyden Dreyecken ACD und GCD bewiesen, haben wir auf keine besondere Lage der Puncte C und D eingeschränkt; mithin gilt der Beweis allgemein für jede einfallende Strahlen. Es folgt also hieraus:

daß vom ebenen Spiegel alle von einem Puncte A auffallende Strah-

Strahlen so zurückgeworfen werden, als ob sie von einem Puncte G hinter dem Spiegel herkämen, welcher daher das geometrische Bild des Punctes A heißt.

W. Warum geometrisches Bild?

V. Man braucht diese Benennung im Gegensatze von physisches Bild. Jenes ist ein Punct, in welchem die von einem Puncte herkommenden Strahlen rückwärts verlängert zusammen stoßen, und von welchem sie also auszugehen scheinen, nicht aber wirklich ausgehen; dieses aber ein Punct, in dem die von einem Puncte herkommenden Strahlen wirklich zusammenstoßen, und also von da aufs neue ausgehen. Von den letzteren werden wir nachher Gelegenheit haben zu reden. Du kennst sie auch schon, da du gewiß einmal ein Brennglas gegen die Wand gehalten, und das Bild des Fensters wirst bemerkt haben.

Daß nun das geometrische Bild G eben so weit hinter dem Spiegel liegen müsse, als der strahlende Punct A vor demselben, sieht man sogleich, wenn man die senkrechte Linie A auf den Spiegel zieht und diese verlängert. Nämlich in den Dreyecken ABC und GBC sind bey B beyderseits rechte Winkel, auch die Winkel x und y einander gleich, und die Seite BC gemeinschaftlich, folglich auch AB = GB.

W. Das ist sehr leicht einzusehen. Aber warum bildet sich nicht der Gegenstand auf einem

Blatt

Blatt Papier ab, welches man zum Beyspiel in E oder F hält, wo ein zurückgeworfener Strahl es treffen kann?

V. Begreiflich, aus eben dem Grunde, warum wir nicht im hellen Zimmer, sondern nur im finsteren, Bilder an der Wand sehen, nämlich, weil die Bilder sich vermischen. Im finstern Zimmer sehen wir auch wirklich Bilder durch Strahlen des von einem auswärts vor der Oeffnung angebrachten Spiegels durch Zurückwerfung hineingelangen.

W. Aber mit einem Brennglase sieht man doch auch im hellen Zimmer das Bild an der Wand?

V. Allerdings! doch aber auch nur schwach oder kaum merklich, wenn die auffangende Fläche dem Fenster nahe ist; hingegen desto deutlicher, je weniger übrigens dieselbe beleuchtet ist, wie im Hintergrunde des Zimmers. Daß aber hier keine gänzliche Verfinsterung des Zimmers nöthig ist, kömmt daher, weil hier das Bild selbst weit lebhafter erleuchtet ist, indem alle Strahlen, die von einem Puncte des Objects auf die Fläche des Glases fallen, in einem Puncte auf der Wand sich vereinigen.

50.

50.

Fortsetzung.

B. Ein Strahl, welcher senkrecht auf den Spiegel fällt, wird in sich selbst zurückgeworfen. Es ist daher sehr leicht, bey einem ebenen Spiegel den Ort des geometrischen Bildes, so wie dessen Lage und Gestalt und die zurückgeworfenen Strahlen, durch welche ein Auge aus einem gegebenen Standpuncte dieses Bild erblickt, zu bestimmen. Man braucht nämlich nur von einem Puncte diesen senkrechten Strahl AB auf den Spiegel zu ziehen, und ihn rückwärts eben so weit bis G zu verlängern, so hat man den Ort des Bildes jenes Punctes, und von hieraus nach dem Auge gezogen, ergiebt sich der Einfallspunct, und folglich der einfallende und zurückgeworfene Strahl für den angenommenen Standpunct des Auges. Steht das Auge in E, so zieht man von G nach E, diese Linie schneidet den Spiegel in C; hier ist folglich der Einfallspunct, und AC der einfallende, CE der zurückgeworfene Strahl.

So für jeden andern Standpunct des Auges F, und wie für einen Punct des Gegenstandes, so für alle übrigen.

Was

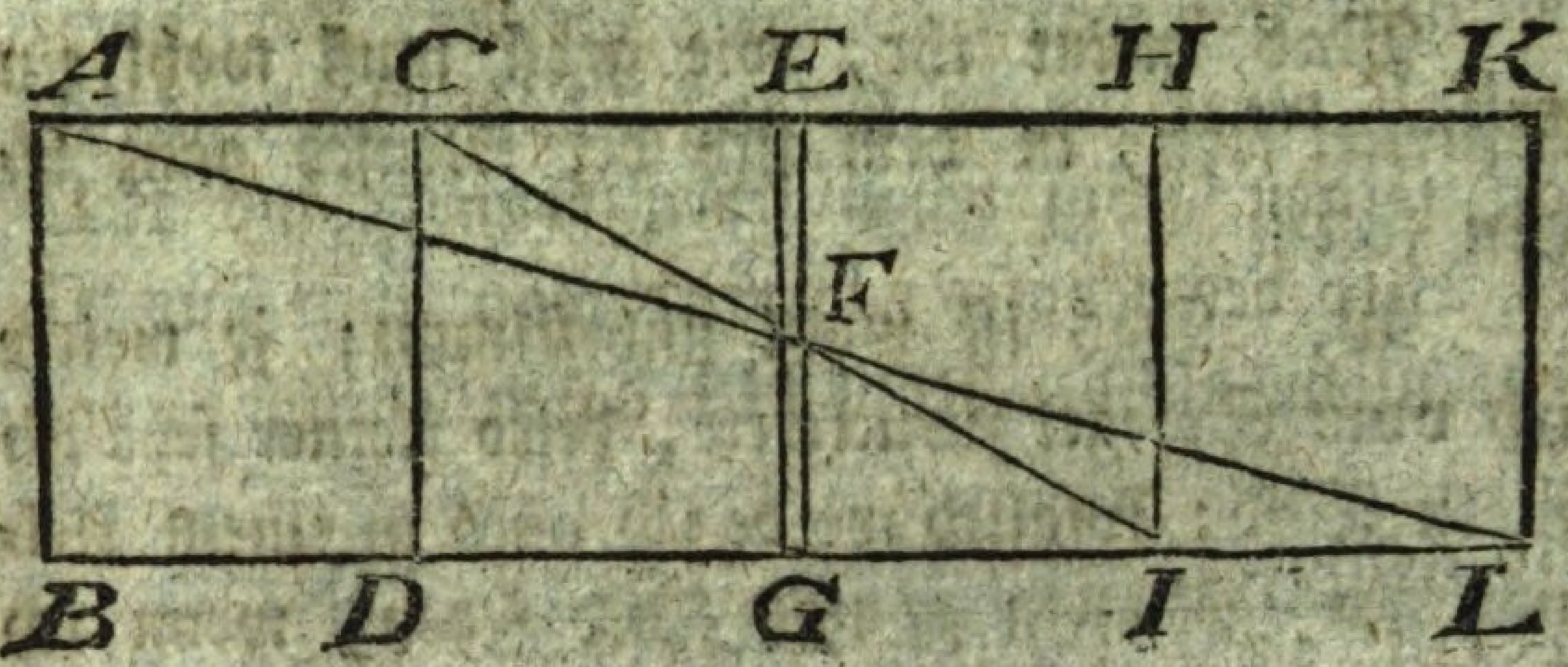
Was meint ihr, wie groß muß wohl ein Spiegel seyn, in dem sich der Mensch ganz sehen soll?

W. Das ist wohl unbestimmt; je weiter ich vom Spiegel zurücktrete, desto kleiner sehe ich mein Bild: folglich werde ich auch in einem kleinen Spiegel mein ganzes Bild sehen, wenn ich mich weit davon stelle.

V. Ich hätte nicht gedacht, daß Wilhelm so übereilt und so unrichtig antworten würde. Den Irrthum müssen wir gleich entfernen. Du meinst also: weit vom Spiegel übersiehst du mehr von deinem Bilde, als nahe daran.

W. So kam es mir vor.

V. Das beweist wenigstens, daß du dich nicht oft bespiegelst, was auch sehr zu loben ist. Deine Schwester, so wenig eitel sie auch seyn mag, wird doch wohl mehr Erfahrung darin haben und dir sagen können, daß man von seinem eigenen Bilde in einem und eben demselben Spiegel immer gleich viel sehen kann, man mag weit davon oder nahe daran stehen. Mit dem Bilde eines Anderen ist es freylich eine andere Sache. Ich will dir bloß ein Paar Linien ziehen, du wirst dich selbst daraus von deinem Irrthum überzeugen, ohne daß es meiner Zurechtweisung bedarf.



W. Ich sehe allerdings jetzt ein, daß ich mich irrte, und kann mir auch aus dieser Figur die Frage: wie groß der Spiegel seyn müsse, um sich ganz darin zu sehen, beantworten. Wenn ich in B stehe, also mein Auge in A sich befindet, so steht mein geometrisches Bild in KL, ist eben so groß, wie ich, und eben so weit hinter dem Spiegel, als ich vor demselben. Stehe ich aber in CD, so ist mein Bild HI. In beyden Fällen geht die Linie von meinem Auge nach dem Fuße meines Bildes durch einerley Punct F des Spiegels. Die Linie EF ist für jedem Standpunct halb so groß, als meine Länge AB oder CD. Denn weil CE halb so groß als CH ist, so muß auch EF halb so groß als HI, oder als meine ganze Länge seyn.

V. Du hast dich gut zurecht geholfen. Man kann also gerade sein ganzes Bild im Spiegel sehen, wenn dieses halb so lang, wie unser eigener Körper vom Fuße bis zum Scheitel ist; mit der Breite ist es eben so. In einem und ebendemselben Spiegel übersicht man in jeder Entfernung gleich-

gleichviel von seinem Bilde. Gesetzt, der Spiegel EF wäre gerade so lang, daß man aus A bloß seinen Kopf darin sehen könne, also KL das Bild des Kopfes; so wird man auch aus C nicht mehr als den Kopf HI darin sehen.

51.

Das Spiegelkästchen.

V. Da habe ich für euch Kleinen ein artiges Guckkästchen mitgebracht; seht einmal hinein, wofür haltet ihr das, was darin ist.

Es ist ein sechseckichter Stern; auf jeder Spitze steht ein kleines Wachslicht.

V. Ja, so sieht es aus; es ist aber nur eine Ecke davon und nur ein Endchen Wachslicht.

Nur eine Ecke, und ein Licht? Woher kommen denn die übrigen?

V. Es sind bloße Bilder, die aus zwey Spiegeln entstehen, welche in einen Winkel zusammengestellt sind.

Aber so viele! man sieht doch sonst in jedem Spiegel nur ein Bild.

V.

V. Ich will euch das Kästchen öffnen. Ihr könnt euch mit dem Ansehen belustigen, die Erklärung, die euch noch zu trocken seyn würde, will ich unterdessen mit Wilhelm versuchen. — Hier, mein lieber Wilhelm, habe ich dir eine Figur (Tab. I. Fig. 4.) dazu entworfen.

W. O weh! die sieht sehr kraus aus!

V. Nur nicht bange! Manches sieht kraus aus, wie du dich ausdrückst, und ist doch gerade nicht so sehr schwer, so wie umgekehrt manches sehr simpel aussieht, und einem Wochen lang zu schaffen macht. Ich denke, dies wird uns nur eine halbe Stunde kosten.

Durch gleichlautende Buchstaben habe ich dir das Auffinden der zusammengehörigen Linien zu erleichtern gesucht.

In L steht eine Lichtflamme oder irgend ein anderer Gegenstand. CD und CE sind die beyden ebenen Spiegel, welche hier einen Winkel von 60 Grad mit einander machen. In O stehe das Auge des Zuschauers.

Zuerst betrachten wir den Strahl, der von L auf die Stelle des Spiegels a 1 fällt, und so nach dem dir nun schon bekannten Gesetze zurückgeworfen wird, daß das Auge O das Bild des Gegenstandes L in A 1 eben so weit hinter dem ersten Spiegel CD sieht, wie L vor demselben steht.

W. Das ist nichts anders, als was wir schon gehabt haben.

V.

V. Nun ferner! Der Spiegel CD schickt also Strahlen nach allen Seiten hin so zurück, als ob sie vom Puncte A 1 ausgingen. Es erfolgt alles folglich, so wie wenn in A 1 eine wirkliche Lichtflamme stände, das einzige abgerechnet, daß das Licht bey jeder Zurückwerfung etwas geschwächt wird. Wir haben es aber hier jetzt nicht mit der Stärke des Lichts, sondern mit dem Wege zu thun, den es durch die Zurückwerfung nimmt und endlich ins Auge kömmt. Ich sagte also?

W. Es sey eben so viel, als ob in A 1 eine neue Lichtflamme wäre, weil die Strahlen vom Spiegel CD so zurückgeworfen würden, als ob sie alle aus dem Puncte A 1 herkämen.

V. So werden nun also auch diese vom ersten Spiegel CD zurückgeworfenen Strahlen auf den zweyten Spiegel CE kommen, und von diesem ebenfalls wieder so zurückgeworfen werden, als ob sie aus einem Puncte A 2 herkämen. Wie dieser Punct bestimmt ist, brauche ich dir nicht erst zu sagen.

W. Der Punct A 2 ist nothwendig ebenfalls wieder so weit hinter dem Spiegel CE, als der Punct A 1, von dem die Strahlen ausgehen, oder auszugehen scheinen, vor demselben ist.

V. Du siehst daher die auf CE senkrechte Linie von A 1 nach A 2 gezogen, sie geht hier durch den Winkelpunct der beyden Spiegel selbst.

Um

Um den Strahl zu zeichnen, durch den das Auge in O dieses zweyte Bild A 2 sieht, brauchen wir also nur von A 2 nach O die gerade Linie zu ziehen, welche den Spiegel in a 2 schneidet, und von hier nach dem ersten Bilde A 1 wiederum eine Linie, die den ersten Spiegel in dem ebenfalls mit a 2 bezeichneten Puncte schneidet, und endlich von hier nach der wirklichen Lichtflamme L. Der Strahl also, durch den das Auge O dieses zweyte Bild sieht, nimmt durch zweymalige Zurückwerfung den Weg, den du nun leicht mit der Spitze des Bleystifts verfolgen kannst, nämlich: L, a 2, a 2, O.

W. Das habe ich alles wohl begriffen.

V. Aber nun noch einen Schritt weiter. Der zweyte Spiegel C E schickt nun auch wieder die vom ersten Spiegel C D erhaltenen Strahlen auf diesen selbst zurück. Der Spiegel C D erhält also außer den Strahlen, die er unmittelbar von der Lichtflamme L erhält, auch durch zweymalige Zurückwerfung solche, die vom Puncte A 2 auszugehen scheinen. Diese letztern werden nun wiederum von diesem ersten Spiegel C D so zurückgeworfen, als ob sie aus dem Puncte A 3 herkämen. Das Auge in O wird also in A 3 ein drittes Bild sehen; und du wirst den Weg des Strahls, der in der Richtung von A 3 nach O ins Auge gelangt, selbst herausfinden können.

W. Ich ziehe erst die Linie von A 3 nach O, diese schneidet den ersten Spiegel in a 3.

Von hier ziehe ich nach A 2, und diese Linie schneidet den zweyten Spiegel in a 3.

Von hier wieder nach A 1, diese Linie schneidet wieder den ersten Spiegel in a 3.

Und von hier endlich geht es nach der wirklichen Flamme L.

Der ganze Weg des dreymal zurückgeworfenen Strahls ist also L, a 3, a 3, a 3, O.

V. Die drey Bilder, die wir bis jetzt betrachtet haben, A 1, A 2, A 3, rührten von den Strahlen her, die von der Lichtflamme L unmittelbar auf den ersten Spiegel CD fielen. Aber die, welche von L unmittelbar auf den zweyten Spiegel CE fallen, haben wir bis jetzt noch nicht betrachtet.

W. Ich glaube, ich könnte mich nun wohl weiter selbst zurecht finden.

Zuerst entsteht dadurch ein Bild B 1, welches das Auge durch den Strahl L, b 1, O empfindet.

Weil nun Strahlen, die von B 1 auszugehen scheinen, auf den ersten Spiegel fallen, so werden sie von diesem so zurückgeworfen, als ob sie von B 2 ausgingen, und das Auge sieht hier auch ein Bild durch den zweymal zurückgeworfenen Strahl L, b 2, b 2, O.

V. Gut! Du scheinst aber noch etwas sagen zu wollen.

W.

W. Ich wollte fragen, ob nicht auch noch hier ein drittes Bild B 3 müßte gesucht werden, so wie vorhin?

V. Dieses dritte Bild B 3 fällt in unserm Falle hier mit dem Bilde A 3 zusammen. Das Auge in O siehet aber nicht das Bild B 3, welches durch die von B 2 ausgehenden und vom zweyten Spiegel zurückgeworfenen Strahlen empfunden würde. Um das Bild durch diese Strahlen zu sehen, müßte es etwa in P stehen, so, daß die Linie von P nach A 3 (welches dann B 3 heißen müßte), den zweyten Spiegel CE durchschnitte, so wie jetzt die Linien von O nach A 3 den ersten Spiegel durchschneidet. Denn diese Linie ist ja eben die Richtung des letzten zurückgeworfenen Strahls, und der Punkt, wo sie den Spiegel schneidet, ist ja eben der Punct, von welchem der Strahl zuletzt zurückgeworfen wird, folglich muß dieser Punct in dem Spiegel liegen, worin das Bild gesehen wird, und wenn dieser Durchschnittspunct eine Stelle trifft, wo keine wirkliche Spiegelfläche ist, so wird auch das Bild aus dem angenommenen Standorte des Auges nicht gesehen.

W. Jetzt, da ich die vielen Linien verstehe, macht mir die Regelmäßigkeit der Figur Vergnügen. Die sechs Puncte, wo die wirkliche Lichtflamme und die fünf Bilder stehen, liegen, dem Ansehen nach, alle in dem Umfange eines und ebendesselben Kreises.

V.

V. Nicht bloß dem Ansehen nach, sondern es verhält sich wirklich so, und wenn du die Entstehung des ganzen Diagramma eingesehen hast, so wird dir auch dies nicht schwer zu begreifen seyn.

W. Ich glaube beynahe: ich könnte es schon beweisen.

V. Ich zweifle nicht daran; immer versuche es!

W. In den Dreyecken L F C und A 1 F C sind bey F rechte Winkel und die beyden einschließenden Seiten gleich, folglich ist auch C L = C A 1.

Alsdann ist ferner C A 1 = C A 2.

Und in deckenden Dreyecken C A 2 H und C A 3 H ist wiederum C A 2 = C A 3.

So ist auch C L = C B 1 und dieses wieder = C B 2.

Folglich sind alle Linien von C aus nach den Oertern der Flamme und ihre Bilder gleich, und also Halbmesser eines Kreises.

V. Vollkommen richtig! Es wird dir nun klar seyn, wie eine Spitze eines Sterns in einem solchen Kästchen, oder überhaupt in zwey Spiegeln, die unter einem Winkel von 60 Graden zusammengestellt werden, einen ganzen Stern darstellen könne.

Macht man den Winkel größer, so sieht man weniger Bilder, macht man ihn kleiner, so sieht man immer mehrere.

Stellt man beyde Spiegel in eine Ebene, so sieht man nur ein einziges; stellt man sie einander parallel, so sieht man unendlich viele, oder, um mich richtiger auszudrücken, es giebt dann der Theorie nach unendlich viele. Sehen kann man nur eine gewisse, jedoch sehr große Anzahl, die in eine lange Reihe in beyden Spiegeln hinter einander stehen, und wovon die entferntern immer undeutlicher und schwächer werden, so daß sie nach und nach verschwinden. Dies kommt daher, weil bey der Zurückwerfung und bey Glasspiegeln auch durch Brechung das Licht beträchtlich geschwächt wird.

W. Das habe ich schon bey den beyden großen Spiegeln, die in unserm Saale einander gegenüber hängen, bemerkt. Man sieht sich selbst wohl zehnmal in jedem und abwechselnd von vorne und von hinten. — Aber läßt sich nicht bestimmen, wie viel Bilder man bey einem gewissen Winkel beyder Spiegel sehe?

V. Bey einem Winkel von 120 Grad sieht man 2; bey 90 Grad 3; bey 72 Grad 4; bey 60 Grad 5; bey $51\frac{3}{7}$ Grad 6; bey 45 Grad 7; bey 40 Grad 8; bey 36 Grad 9 u. s. w.

W. Mich dünkt, diese Zahlen der Grade sind in der Geometrie bey der Lehre von den Polygonen vorgekommen.

V. Allerdings! es sind die Centriwinkel für das regulaire Dreyeck, Viereck, Fünfeck u. s. w. — Doch genug hiervon! wir haben noch andere Arten von Spiegeln, worüber wir etwas mit einander sprechen müssen.

52.

Verschiedene krumme Spiegel.

V. Hier, meine Lieben! habt ihr noch einige schöne Sachen, mit deren Anblick ihr euch ein Vergnügen machen könnt.

— Was sind denn das für wunderliche Figuren auf den Blättern, die sie uns da vorlegen?

V. Die sehen freylich, so wie sie da sind, seltsam genug aus; wir werden sie aber nachher verwandeln, daß Kopf und Hände und Füße am rechten Orte erscheinen. Aber wir wollen die Sachen ein wenig nach der Ordnung nehmen, wie ich sie euch hingestellt habe, zuletzt könnt ihr euch mit den verzerrten Figuren die Zeit vertreiben, so lange ihr wollt, unterdessen ich mit Wilhelm einiges etwas genauer betrachte.

Zuerst also haben wir hier einen kleinen runden Spiegel. Er ist an seiner Vorderseite convex, nämlich wie ein Segment einer Kugelfläche von ziemlich großem Halbmesser. Die Belegung ist nicht, wie bey unsern gewöhnlichen Glasspiegeln, von Zinn und Quecksilber, welche zusammen einen metallischen Teig (Amalgama) machen, sondern dunkel, weil jene Belegung zu dem Zwecke, wozu man ihn anwendet, zu glänzend ist. Er ist daher hinten nur mit dunkler Oelfarbe bestrichen. Wenn ihr ihn gegen helle Gegenstände, z. B. gegen das Fenster haltet, so werdet ihr finden, daß sich die Bäume und Häuser u. s. w. darin sehr nett und verkleinert abbilden. Man kann ihn daher bequem dazu gebrauchen, Landschaften darnach abzuzeichnen, woran Wilhelm und Carl schon so viel Vergnügen finden.

Hier ist ein anderer, aber etwas größerer und gefährlicherer runder Spiegel.

— Ach! vermuthlich ein Brennspiegel; Sie haben ihn uns schon einmal gezeigt.

V. Getroffen! Erst beseht euch einmal darin. Ihr werdet finden, daß er gewaltig große Gesichter macht. Bemerkt auch zugleich dabey, daß euch das Gesicht größer erscheint, wenn ihr mit beyden Augen hinein sehet, als wenn ihr das eine Auge verschließt.

Mit

Mit einem solchen Spiegel können wir auch Bilder hervorbringen, die in freyer Luft schweben. Setzt einmal hier ein angezündetes Wachslicht, und hierher stellt das Auge, so werdet ihr das Bild sehen.

— Ja! es ist aber umgekehrt. Man kann es doch auch nicht recht unterscheiden, ob es im Spiegel selbst oder vor dem Spiegel ist.

V. Daß es wirklich vor dem Spiegel in freyer Luft sey, davon könnt ihr euch leicht überzeugen. Ihr braucht nur in dieser Gegend, wo ich meinen Finger halte, ein Papier hinzustellen, so werdet ihr das Bild der Flamme auf demselben deutlich erblicken, nicht aber, wenn ihr das Papier näher an den Spiegel bringt. Auch könnt ihr es daran wahrnehmen, daß die Augen dessen, der das Bild betrachtet, nicht nach dem Spiegel, sondern nach einem viel näheren Punct gerichtet sind.

53.

Versuche, mit ebenen Spiegeln zu brennen.

Wenn man den Spiegel zum Brennen gebrauchen will, so muß man ihn, wie ihr schon wißt, ungefähr senkrecht gegen die Sonnenstrahlen halten, das heißt, so daß der auf seine Mitte fallende Strahl durch den Mittelpunct der Kugel gehe, von welcher er ein kleines Segment ausmacht. Nur in einem gewissen Puncte, der in der Weite des halben Halbmessers vor dem Spiegel, oder in der Mitte zwischen dem Spiegel und dem Mittelpuncte der Kugel liegt, aus der er geschnitten ist, nur in diesem einzigen Puncte äußert er seine große Wirkung. Weiter von oder näher an dem Spiegel wird die Hitze, die er hervorbringt, immer geringer. In dem Brennpuncte aber werdet ihr vielleicht selbst Holz damit in Flammen setzen können. Ihr seht ohne meine Erinnerung ein, daß man mit einem solchen Spiegel, so wie mit dem Brennglase, vorsichtig seyn, ihn nicht etwa gegen die Sonne gerichtet stehen lassen muß, wenn man sich entfernt: denn wenn auch gerade in dem Augenblicke sein Brennpunct in die freye Luft fällt, wo kein Schade geschehen kann, so kann doch bey dem immer sich verändernden Stande der Sonne der Brenn-

Brennpunct leicht nachher auf etwas Brennbares fallen und so Schaden anrichten. Man hat Beyspiele, daß durch eine Flasche Wasser, welche im Fenster stand, oder durch eine Glasscheibe, worin eine Erhabenheit war, die wie ein Brennglas wirkte, Gebäude abgebrannt sind. Von den gewaltigen Wirkungen größerer Brennspiegel habe ich euch schon sonst erzählt *), aber ich glaube, euch noch nicht gesagt zu haben, daß man mit ebenen Spiegeln auch eine Vorrichtung machen kann, die jene alte Erzählung von den Brennspiegeln, die man dem Archimedes und Proclus ohne hinlänglichen Grund zuschreibt, wahrscheinlich machen sollte, und womit man wenigstens auf jene weit größere Entfernung, als mit gewöhnlichen, selbst den größten, Brennspiegeln möglich wäre, brennbare Körper entzündet hat, wenn gleich die Erzählung dadurch nicht glaublicher geworden ist.

Diese wurde vorlängst schon, und mit Recht, für eine Fabel erklärt. Kircher und Schott hielten es aber doch, und mit eben so vielem Rechte, der Mühe werth, die Sache näher zu untersuchen und, um wenigstens über Möglichkeit oder Unmöglichkeit entscheiden zu können, Versuche anzustellen, und den Ort, wo die Sache geschehen seyn sollte, in Augenschein zu nehmen.

Zuerst

*) Physik. Kinderfr. V. S. 63.

Zuerst versuchte es Kircher mit zwey parabolischen Spiegeln (was eine Parabel ist, werde ich Wilhelmen bey einer andern Gelegenheit erklären; hier ist es genug, wenn ihr wisset, daß solche Spiegel die Strahlen besser concentriren, als die gewöhnlichen sphärischen).

Da dieses nicht gelingen wollte, so kam Kircher auf den Einfall, bloße ebene Glasspiegel auf einem Gerüste so zu befestigen, daß sie die Strahlen auf einen und eben denselben Fleck zurückwarfen. Mit dieser Vorrichtung hatte er es in seiner Gewalt, den Brennpunct (wenn man die Stelle so nennen will) nach Gefallen auf eine große Weite von dem Spiegel zu entfernen. Er nahm nur fünf Planspiegel, brachte aber doch damit in einer Entfernung von mehr als hundert Fuß eine beträchtliche Hitze hervor. Dieser Erfolg interessirte ihn noch mehr für die Untersuchung der Sache, und da bald darauf beyde, Kircher und Schott, eine Reise nach Sicilien machten, so hatten sie erwünschte Gelegenheit, das Locale zu besichtigen. Er fand, daß die Schiffe nur etwa dreyßig Schritte von der Mauer der Stadt Syrakus möchten gelegen haben, und daß also die Sache an sich nicht unmöglich sey; er meynte, Archimed könne sich zwey parabolischer Spiegel bedient haben.

Buffon hat die Versuche, mit ebenen Spiegeln zu brennen, mit glücklichem Erfolge angestellt. Er nahm eine Menge von ebenen Glasspiegeln

spiegeln von der Größe eines Quartblatts Papier. Mit 40 solchen Spiegeln wurde in einer Entfernung von 66 Fuß ein getheertes büchenes Brett angezündet. Mit 45 Spiegeln wurde 20 Fuß weit Zinn geschmolzen; mit 117 Spiegeln in eben der Entfernung Silber geschmolzen und Eisen glühend gemacht; mit 128 Spiegeln 150 Fuß weit ein getheertes tannenes Brett sehr schnell angezündet. Mit einer noch größern Anzahl wurde Holz in der Weite von 200 Fuß entzündet; Zinn auf 150, Bley auf 130, Silber auf 60 Fuß geschmolzen *).

54.

Brennweite des sphärischen Hohlspiegels.

V. Ich will dir jetzt, mein lieber Wilhelm, die Erscheinungen, die der sphärische Hohl-

*) Die Idee, mit ebenen Spiegeln zu brennen, ist ohne Zweifel älter als Kircher. In einer griechischen Schrift des Anthemius aus dem sechsten Jahrhundert wird schon eine solche Vorrichtung beschrieben. Ob Archimed schon so etwas gekannt habe, läßt sich nicht entscheiden.

Hohlspiegel darbietet, noch durch ein paar Figuren zu erläutern suchen. Die übrigen Arten der Spiegel sind uns weniger wichtig. Strahlen, die von einem sehr entfernten Punkte (siehe Tab. I. Fig. 5.), zum Beyspiel vom Mittelpunkte der Sonne S auf den Spiegel fallen, sind parallel. Alle diese Strahlen, wenn sie nahe um die Axe herum, wie etwa in den Punkten G H D I K auffallen, werden nach dem Brennpunkte F zurückgeworfen, der in der Mitte zwischen D und C, nämlich zwischen der Mitte des Spiegels und dem Mittelpunkte der Kugel liegt, von welcher er ein Segment ist. Um dich davon durch die Zeichnung zu überzeugen — (denn mit der Berechnung wollen wir uns jetzt nicht aufhalten) brauchst du nur an jeden Punkt G, H u. s. w. einen Halbmesser aus dem Mittelpunkte der Kugel zu ziehen, wie C G, C H u. s. w. Diese Halbmesser stehen senkrecht auf das Element der sphärischen Fläche, worauf der Strahl fällt, sie sind folglich die Einfallslothe, und du machst sodann den Zurückwerfungswinkel C G F dem Einfallswinkeln S G F gleich. Die sämtlich zurückgeworfenen Strahlen schneiden dann die Axe des Spiegels D E in dem Punkte F so, daß D F dem halben Halbmesser gleich ist.

Ich sagte, es würden nur solche Strahlen, die sehr nahe um die Mitte des Spiegels D auffallen, in diesen Punkt F vereinigt, denn im strengsten Verstande werden eigentlich alle außer

der

der Mitte einfallende Strahlen nicht genau in der Mitte des Halbmessers, sondern näher nach dem Spiegel hin zurückgeworfen, und um desto näher, je weiter von dessen Mitte sie einfielen. Du kannst dies auch leicht aus Betrachtung der Figur schließen.

Der Einfallswinkel SGC ist nämlich dem Zurückprallungswinkel FGC gleich. Jener ist aber auch dem Wechselwinkel GCF gleich, folglich im Dreyeck CFG sind die Winkel bey C und G gleich, folglich ist das Dreyeck gleichschenklicht: nämlich GF = CF. Nun aber ist, wie wir aus der Geometrie wissen *), die Linie FD kleiner als FG, folglich auch FD kleiner als FC, das heißt, der Vereinigungspunct F liegt nicht genau in der Mitte des Halbmessers, sondern näher nach dem Spiegel zu.

Der sphärische Hohlspiegel vereinigt also zwar nicht alle einfallenden Strahlen genau in einen Punct, aber als Brennspiegel ist er dem ungeachtet sehr gut zu gebrauchen, denn dazu verlangt man das gerade nicht, vielmehr ist es oft Absicht, nicht einen Punct, sondern eine Stelle von einiger Ausdehnung der Hitze auszusetzen. Nur muß der Raum, durch den die Vereinigungspuncte der Strahlen zerstreut liegen, nicht

*) Meine Anfangsgründe der Mathematik. 1. Theil. Geometrie §. 147.

nicht zu gros seyn, damit die Wirkung nicht zu sehr geschwächt werde, und dieses erhält man hinlänglich dadurch, daß man den Spiegel nicht stark krümmt, oder ihm einen in Vergleichung mit seinem Bogen oder seiner Sehne großen Halbmesser giebt, so, daß er nur ein kleines Segment der Kugel, von etwa 10 bis 18 Grad, ausmacht.

Ich habe hier noch einen andern großen, aus Messing geschlagenen Hohlspiegel auf einem Gestelle stehen, der weit mehr Grade umfaßt, dessen Halbmesser also gegen seinen Bogen zu klein ist. Er brennt zwar auch, und auch ziemlich stark, aber es ist kaum die Hälfte seiner Fläche, welche eigentlich wirkt. Er würde noch einmal so viel thun, wenn er bey eben der Gröſse flächer gebogen, das heißt, von einem größeren Halbmesser wäre.

55.

55.

Bilder im Hohlspiegel.

Wenn der Hohlspiegel eine geringe Ausdehnung in Vergleichung mit der Größe seines Halbmessers hat, so kann man ohne Fehler annehmen, daß er die Strahlen der Sonne in einen physischen Punct, und zwar so vereinige, daß die Brennweite DF dem halben Halbmesser gleich ist, aber das gilt auch nur von solchen Strahlen, die unter sich und mit der Axe parallel einfallen. Bey der Sonne, so wie bey andern Gegenständen, deren Entfernung in Vergleichung mit der Chorde des Spiegels unendlich groß ist, ist dies nun der Fall. Aber, werden wohl auch Strahlen von näheren Gegenständen eben die Vereinigungsweite haben können?

W. Nein! wenn sie von einem nahen Puncte kommen, so ist der Einfallswinkel SGC und folglich auch der Zurückwerfungswinkel FGC, kleiner als der Mittelpunctswinkel FCG, also auch FC kleiner als GF. Der Vereinigungspunct liegt also hier vor dem Brennpuncte, oder weiter vom Spiegel, als dieser.

B. Wenn also der Gegenstand zum Beyspiel eine Lichtflamme, die anfangs in E stand, immer weiter nach dem Mittelpunct C hinrückt,

so

so wird der Vereinigungspunct der Strahlen ihr entgegen von F nach C rücken. Wenn aber die Flamme in den Mittelpunct C selbst kömmt, wo wird dann wohl der Vereinigungspunct der Strahlen seyn?

W. Er muß ebenfalls in dem Mittelpuncte C seyn, denn die Strahlen, die aus diesem Puncte kommen, fallen senkrecht auf den Spiegel und werden also in sich selbst zurückgeworfen.

V. Und wie, wenn die Flamme nun noch näher an den Spiegel nach F hinrückt?

W. Alsdann werden die zurückgeworfenen Strahlen sich ohne Zweifel vor dem Mittelpuncte nach E zu vereinigen; denn einfallende und zurückgeworfene Strahlen sind hier nur umgekehrt, wie vorhin, da die Flamme jenseits des Mittelpunctes nach E zu gesetzt wurde.

V. Setze ferner die Flamme in dem Brennpunct F, wie dann?

W. Alsdann werden die Strahlen mit der Axe parallel zurückgeworfen, und sich nirgends vereinigen können.

V. Und nun endlich den letzten Fall, wenn die Flamme innerhalb der Brennweite zwischen F und D steht.

W. Die zurückgeworfenen Strahlen werden in diesem Falle, wie ich mir leicht vorstellen kann, aus einander fahren, so daß sie sich hinter dem Spiegel verlängert vereinigen würden.

V. Da haben wir also die Gesetze gefunden, nach welchen Bilder durch den Hohlspiegel entstehen. Angenommen nämlich, daß alle von einem Punkte des Gegenstandes auf die Spiegelfläche fallende Strahlen auch wieder in einem einzigen Punkte entweder wirklich in freyer Luft zusammengebracht werden, oder doch verlängert in einem Punkte sich schneiden, so machen sie in diesem Punkte das **Bild** des Punctes, von dem sie ausgingen, im ersten Falle ein wirkliches physisches, in der freyen Luft schwebendes Bild, welches man mit einem Blatt Papier auffangen kann; im letztern Falle aber ein bloß geometrisches. Das physische Bild hat die umgekehrte Lage des Gegenstandes, und je nachdem dieser **vor** oder **hinter** dem Mittelpuncte steht, ist das Bild kleiner oder größer, als er selbst. Durch eine Zeichnung wird dir dies am besten deutlich werden. (Siehe Tab. I. Fig. 6. 7. 8.) Den Ort des Bildes eines Punctes können wir am bequemsten in der Zeichnung da annehmen, wo der von der Mitte des Spiegels zurückgeworfene Strahl und das Einfallsloth sich schneiden. Im strengsten Verstande schneiden sich beym sphärischen Spiegel, wie du schon weißt, nicht alle zurückgeworfene Strahlen in einem Punct: daher läßt sich der Ort des Bildes freylich hier nicht mit der Genauigkeit angeben, wie beym ebenen Spiegel. Wir entwerfen uns also für die drey Hauptfälle etwa folgende Figuren.

Er-

Erster Fall: (Tab. I. Fig. 6.) Gegenstand zwischen Spiegel und Brennpunkt. Bild geometrisch aufrecht, vergrößert, hinter dem Spiegel.

Zweyter Fall: (Fig. 7.) Gegenstand zwischen Brennpunkt und Mittelpunkt. Bild physisch, umgekehrt, vergrößert vor dem Mittelpunkte.

Dritter Fall: (Fig. 8.) Gegenstand vor dem Mittelpunkt. Bild physisch, umgekehrt, verkleinert zwischen Mittelpunkt und Brennpunkt.

Ich wiederhole noch einmal, daß diese Bestimmung des Orts des Bildes nicht so sicher ist, als bey dem ebenen Spiegel, damit du nicht glaubst, es sey damit alles aufs Reine gebracht. *)

56.

*) Es giebt bey krummen Spiegeln Schwierigkeiten, die hier nicht erörtert werden können. Einen Ort des Bildes im Spiegel kann man im Allgemeinen gar nicht einmal angeben. Das Obige, wo dieser Ort im Durchschnitt des Einfallslothes und des zurückgeworfenen Strahls gesetzt wird, ist nur die beyläufige Bestimmung der ältern Optiker. Neuere haben die Sache genauer untersucht, und es ging damit, wie mit so manchen andern physikalischen Phänomenen. Den Alten machte die Erklärung wenig Kummer, wo die Neueren große Schwierigkeit fanden. „De speculo", sagt Seneca, nat. quaest. I. 5. „duae opiniones sunt, alii enim in his simulacra cerni putant id est corporum nostrorum figuras a nostris corporibus emissas et

56.

Optische Anamorphosen.

V. Nun! Ihr werdet euch wohl jetzt satt gesehen haben an den Zerrbildern, die ich euch vorlegte.

— Es hat uns recht viel Vergnügen gemacht. Es ist sonderbar. So wie sie da sind, kann man beynahe keine Figur daran erkennen, und wenn man sie in den Spiegeln sieht, so sehen sie gleich wie ein ordentlich gezeichnetes Bild aus.

V. Darin besteht eben die Kunst, die Bilder so zu zeichnen, daß sie sich, aus dem gehörigen Gesichtspunkte gesehen, ordentlich darstellen. Man kann auch ohne Spiegel und Glas schon

et separatas: alii imagines ajunt non esse in speculo, sed ipsa adspici corpora, retorta oculorum acie et in se rursus reflexa." — Von dieser Art sind fast die meisten physikalischen Erklärungen der Alten. „Wie viel weiter würden wir seyn," ruft Priestley aus, „wenn sie uns statt Systeme, Beobachtungen hinterlassen hätten!" Kepler hat auch in Ansehung der Bilder im Spiegel das Verdienst, zuerst die genaueren Untersuchungen eröffnet zu haben, welche nachher von Barrow, Berkley, Smith und Andern über diesen Gegenstand fortgesetzt wurden.

schon ähnliche Kunststücke machen. Da habe ich einen länglichten Kasten, seht einmal durch dieses Loch hinein; was erblickt ihr darin?

— Es ist ein Gesicht.

V. Das Gesicht ist, wie ihr sogleich sehen werdet, wenn ich euch den Kasten öffne, ganz verzerrt gezeichnet, die Stirne und alle oberen Theile ganz unproportionirt groß: aber durch das kleine Loch gesehen, zeigt es sich in seiner gehörigen Gestalt. Hättet ihr es so frey auf dem Tische liegend, wenn gleich aus demselben Gesichtspunkte gesehen, so würde es euch sogleich sehr ungestaltet geschienen haben, weil euer Urtheil über die Entfernung des Theils vom Auge sich ohne euer Wissen und Willen mit eingemischt, und euch die Figur so vorgestellt hätte, wie sie wirklich ist.

— O, zeigen Sie uns doch die Figur!

V. Hier ist sie.

— Das ist ja ein abscheuliches Gesicht! Und das wäre dasselbe, was wir eben vorhin gesehen haben?

V. Dasselbe! Wenn ihr euch davon überzeugen wollt, so untersucht das Kästchen; es ist weiter nichts darin.

— Haben Sie nicht noch mehr solche Bilder für das Kästchen?

V. Nein; aber ihr sollt mir noch einige dazu zeichnen.

— Wir? Ja! häßliche Bilder werden wir wohl genug machen, aber solche, die in und außer dem Kasten häßlich sind.

V. Nach einer gewissen Regel müssen sie freylich verzerrt werden, und die könnte ich euch zeigen.

Das würde uns gewiß eben so viel und noch mehr Vergnügen machen, als das Ansehen selbst.

V. Nun wohl! wir wollen sogleich eine Carrikatur machen, die eben so abscheulich aussehen soll, wie jene. Zuerst macht man das Vorbild — zum Beyspiel ein nach gewöhnlichen Regeln gezeichnetes Gesicht (Tab. II. Fig. 9.); man kann auch das erste beste in Kupfer gestochene Portrait dazu nehmen. Dies überziehet man mit einem Gitter oder Netze von gleichen kleinen Quadraten, etwa nur mit Bleystift. Dieses Netz des Vorbildes*) verwandelt man in das Netz des Nachbildes**), worin die Carricatur gezeichnet wird, auf folgende Art (Tab. II. Fig. 10.). Man theilt eine Linie AB in eben so viel gleiche Theile, wie die Linie ab im Netze des Vorbildes. Von deren Mitte E zieht man senkrecht nach S die Entfernung, in die das Auge von der Grundlinie des Bildes gesetzt werden soll. Sie ist willkührlich, oder wenn man einen schon

*) Craticula prototypi.

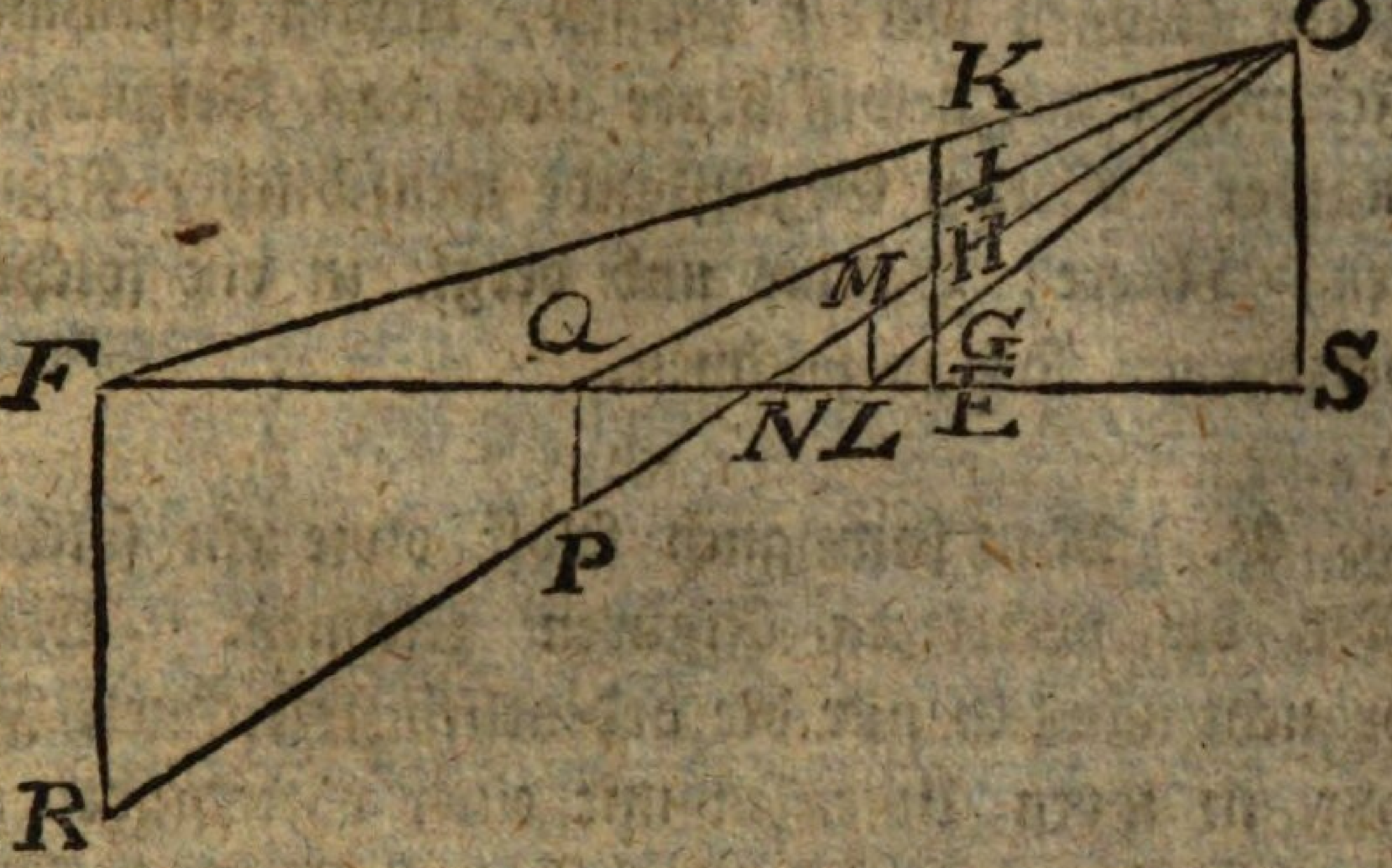
**) Craticula ectypi.

gemachten Kasten hat, durch die Größe dieses letztern bestimmt. S ist eigentlich der Punkt senkrecht unter dem Auge in der Ebene der verzerrten Zeichnung *). Die Höhe des Auges über diesen Punkt sey SO. Diese setzt man in S senkrecht auf Se. Ziehe von O nach a. Diese Linie O a schneidet die von S nach a b und den dazwischenliegenden Theilungspunkten gezogenen Linien und macht die Diagonale d a. Durch die hiedurch erhaltenen Durchschnittspunkte ziehe man endlich die Querlinien, wie sie in der Figur zu sehen sind, so hat man das Netz des Nachbildes, worin denn dieses letztere leicht gezeichnet werden kann. Der Anblick der beyden Figuren zeigt so deutlich, wie das Verfahren ist, daß ich euch wohl nichts weiter zur Erläuterung zu sagen brauche.

W. Ich glaube wenigstens das Verfahren selbst vollkommen gefaßt zu haben; aber den Grund desselben wünschte ich wohl noch etwas deutlicher einzusehen.

V. Das kann dir nicht schwer werden. Denke dir nur die senkrechte Ebene durch das Auge O und die Mittellinie EK des in E stehenden Vorbildes, und theilt diese Linie in so viel

*) Punctum suboculare.



viel gleiche Theile, wie in dem Netze des Vorbildes. Das Auge in O bekömmt die Strahlen von K, I, H, G, eben so, als wenn sie von F, Q, N, L kämen. Verlängere die Linie ON durch den mittlern Theilungspunkt, und ziehe die senkrechten Linien LM, QP, FR. Stelle dir nun ferner vor, die ganze senkrechte Ebene mit allen Linien drehe sich um die unverrückt liegende Linie SF, wie um eine Axe herum, bis sie in die horizontal in der Ebene des zu verzeichnenden Bildes kommt, so daß HE die Linie BE in der vorigen Figur deckt, weil beyde gleiche Länge haben, so wird FR in die Lage FD der vorigen Figur, und HR in die Lage BD kommen u. s. w.

W. Jetzt sehe ich ein, daß in der vorigen Figur die Linie von O durch B nach D gezogen die Durchschnittspunkte, durch welche die Querlinien

linien gezogen werden müssen, richtig bestimme. Ich werde mir gewiß heute noch das Vergnügen machen, allerley Gegenstände menschlicher Figuren, Thiere, Bäume und dergl. in ein solches verzogenes Netz zu zeichnen.

V. Man kann auch selbst ohne ein solches Netz die verzerrten Figuren zeichnen. Man braucht nämlich nur die ordentlich gezeichnete Figur in ihren Umrissen mit einer Stecknadel zu durchstechen, dieses durchlöcherte Vorbild senkrecht auf den Tisch und in die Stelle, wo das Auge gehalten werden soll, ein angezündetes Licht zu stellen, so bezeichnen die Lichtstrahlen, welche durch die Löcher des Umrisses fallen, die Gränzen des verzerrten Bildes auf dem Tische, wo man also auf einem hingelegten Bogen Papier das Nachbild sogleich in seinen Umrissen zeichnen kann. *)

W.

*) Einige Schriftsteller sagen, man könne auch die Sonnenstrahlen durch die Löcher des durchstochenen Umrisses fallen lassen, z. B. Saverien Dictionnaire universel de Mathematique et de Physique. I. art. craticule. — Er hat wohl nicht daran gedacht, daß die Sonne so weit entfernt ist, daß die Strahlen parallel sind. Die Projection würde nur für ein Auge richtig werden, welches etwa 20 Millionen Meilen weit davon stände. Er hätte nur Wolfs Elemente nachsehen dürfen.

W. Das ist wirklich eine sehr bequeme Methode.

V. Ich will euch bey dieser Gelegenheit noch ein paar andere Bilder zeigen, die ähnliche Täuschungen machen.

Hier erstlich ein bunt bemalter Kegel; wenn ihr das Auge an das kleine Loch haltet, welches über seiner Spitze in dem Gestelle angebracht ist, so werdet ihr eine ordentliche Figur erblicken.

Sodann haben wir hier noch eine Tafel, die, von der rechten und von der linken Seite gesehen, verschiedene Bilder zeigt. Sie besteht nämlich aus vielen schmalen, gegen einander geneigten Ebenen, die mit verschiedenen Bildern bemalt sind, so daß die nach einer Seite hin liegenden Ebenen zusammenpassende Züge enthalten.

W. Wollen Sie mir nicht zeigen, wie die Bilder zu einem solchen Kegel gezeichnet werden: ich möchte mir gern auch einen verfertigen.

V. Ich glaube, es wird nicht nöthig seyn, und es wird dir mehr Vergnügen machen, die Methode selbst aufzufinden. Es ist nicht über deine Kräfte.

57.

Katoptrische Anamorphosen.

W. Aber zu den Spiegeln die Figuren zu zeichnen? —

V. Das möchte dir wohl etwas zu viel verlornes Kopfbrüten machen, um es selbst zu finden. Wenn du es also gern wissen willst, so will ich es dir zeigen.

W. Ich bitte darum.

V. Wir wollen also zuerst diesen pyramidenförmigen Spiegel (Tab. II. Fig. 11. u. 12.) nehmen, dessen Seitenflächen vier gleichschenklichte Dreyecke sind. Die dazu gehörigen Bilder sind so verwirrt und verzogen und mit allerley Figuren ausgefüllt, die nicht zur Hauptfigur gehören, daß man Mühe hat, diese darin zu erkennen. Nimmt man das, was nicht zur Sache gehört, hinweg, so bleiben vier Dreyecke übrig, die mit ihren Grundlinien an den vier Seiten des Quadrats anliegen, welches die Grundfläche der Pyramide ausmacht. Nur was in diesen Dreyecken enthalten ist, wird von vier dreyeckichten Spiegelflächen reflectirt. Wie diese Dreyecke gezeichnet werden müssen, finden wir auf folgende Art: Wir zeichnen den senkrechten Durchschnitt der Pyramide durch ihre Axe. Dieser Durchschnitt

schnitt giebt ein Dreyeck ABC, welches für unsern Spiegel gleichseitig ist. In der senkrechten Linie DO ist oben in O der Standpunkt des Auges. Was dem Auge in D zu liegen scheint, muß also durch den zurückgeworfenen Strahl CO gesehen werden, welcher mit der Spiegelebene BC den Winkel OCG macht. Der einfallende Strahl muß nun mit der Ebene einen gleichen Winkel machen, und unter diesem ziehen wir denselben von C nach dem mit III bezeichneten Punkte, so daß also BIII die Höhe des in der Horizontalfläche zu zeichnenden Dreyecks ist. In unserm Falle, wo der Durchschnitt der Pyramide ein gleichseitiges Dreyeck ist, muß BIII = BC seyn; weil nämlich ACB = 60°, DCB = 30°, also auch OCG, wie auch BCIII = 30° und ABC = 60° ist, so ist CBIII = 120° und BIIIC = 30°. Also sind die Winkel bey C und bey III einander gleich, folglich auch die Seiten CB und BIII.

Haben wir nun das Vorbild durch Diagonalen und Parallelen in Abtheilungen gebracht, so können wir für jeden Theilungspunkt der Mittellinien 1, 2, die Punkte I, II auf der Horizontalfläche finden, wo die correspondirenden Punkte des Nachbildes hinzuzeichnen sind; indem wir nämlich an den Einfallspunkten E und F die einfallenden Strahlen EII, FI, unter denselben Winkeln zeichnen, welche die zurückgeworfenen

fenen EO, FO, mit der schrägen Spiegelfläche machen.

Wir können das Vorbild in das Quadrat, welches die Grundfläche der Pyramide ist, und die vier Dreyecke, welche das Nachbild enthalten, um dasselbe herum zeichnen. (Siehe Tab. II. Fig. 12.)

W. Das Gesicht wird ja jämmerlich zerstückelt.

V. Bey eckichten pyramidalischen Spiegeln muß dies nothwendig geschehen, und das macht das Nachbild um desto unkenntlicher. Beym conischen und cylindrischen Spiegel bleiben die Züge zusammenhängend, obgleich sehr aus einander gezogen.

W. Ich bin neugierig, wie da die Bilder gezeichnet werden.

V. Bey dem conischen Spiegel (Tab. II. Fig. 13.) ist die Vorbereitung dieselbe, wie bey dem eben erklärten pyramidenförmigen. Die Verzerrung ist aber größer, da das, was für das Auge in einem Punkte, nämlich im Mittelpunkte der Grundfläche erscheinen soll, im Bilde gerade in den größten Umkreis ausgedehnt ist. Wir wollen zum Beyspiel (siehe Tab. II. Fig. 14.) ein Gesicht in die Grundfläche des Kegels zeichnen, welche wir etwa durch zwey concentrische Kreise eintheilen. Rings umher zeichnen wir das Netz des Nachbildes ebenfalls in concentrischen Kreisen, wozu die Halbmesser DIII, DII, DI,

völlig wie die eben so benannten Weiten, in der vorigen Figur gefunden werden. Aus dem Mittelpunkte kann man nun durch eine beliebige Anzahl von Halbmessern das Netz in Fächer eintheilen. Wir wollen hier nach den Hauptpunkten des Gesichtsprofils dergleichen Halbmesser ziehen, so werden wir nun leicht das verzogene Profil in die correspondirenden Fächer einzeichnen können.

Für den cylindrischen Spiegel will ich dir jetzt auch noch zum Schlusse die Zeichnung des Netzes oder Gitters (siehe Tab. III. Fig. 15. 16.) zeigen, ohne jedoch eine Figur hinein zu zeichnen, weil die Linien, die zum Entwurf des Gitters gehören, bey dieser geringen Größe der Zeichnung möchten undeutlich werden.

Man beschreibt um einen Mittelpunkt P einen Kreis, welcher der Grundfläche des Cylinders gleich ist. Zieht PS, so daß NS der Entfernung des Punktes senkrecht unter dem Auge des Subocularpunktes vom Cylinder gleich ist.

Senkrecht auf PS zieht man die Sehne AB, welche die Grundlinie des Netzes des Vorbildes vorstellt, und so groß genommen wird, daß die Linien SA und SB Tangenten werden, oder auch etwas kleiner, daß die eben genannten Linien den Kreisumfang schneiden. Diese Sehne theilt man in eine beliebige Anzahl gleicher Theile und zieht vom Subocularpunkte S nach den Theilungspunkten gerade Linien. Diese Linien, wie GS, HS, AS, BS, bedeuten die zurückgeworfenen

worfenen Strahlen, oder vielmehr ihre Projektion auf der Ebene der Grundfläche des Cylinders. Vom Mittelpunkte P zieht man nach den Einfallspunkten A, G, N, H, B die Einfallslothe, um unter gleichen Winkeln die einfallenden Strahlen zu ziehen; sie sind also LA, IG, QN, KH, MB. Diese müssen dem Auge durch Zurückwerfung im Spiegel die senkrechten Linien des Vorbildes darstellen.

Die horizontalen Linien desselben werden im Netze des Nachbildes lauter krumme Linien, die nicht eigentlich Kreise sind, obwohl man sie allenfalls dafür annehmen kann, da es bey einem Spielwerk so sehr auf geometrische Genauigkeit nicht ankömmt.

Um die Abstände dieser krummen Linien von der Peripherie der Cylindergrundfläche zu finden, nehme man am Ende einer horizontalen Linie den Subocularpunkt S, setze darauf senkrecht die Höhe des Auges SO, nehme SF gleich der Entfernung des Subocularpunktes von der Grundfläche des Cylinders, richte in F die senkrechte Linie FE auf, sie bedeutet die Linie auf der Oberfläche des Spiegels, welche senkrecht über N steht, und welche die Mittellinie des Bildes im Spiegel dem Auge deckt. Diese Linie FE theilt man in die angenommene Anzahl gleicher Theile und ziehet vom Augenpunkte O durch die Theilungspunkte gerade Linien nach den Punkten I, II, III, IV, welche den Spiegel in den Punkten

ten 1, 2, 3, 4 schneiden. Die Linien von diesen Punkten 1, 2, 3, 4 nach dem Auge sind die in der senkrechten Ebene zurückgeworfenen Strahlen, deren zugehörige einfallende Strahlen vorwärts des Spiegels von I, II, III, IV herkommen. Die Abstände dieser Punkte von dem Umfange der Grundfläche des Cylinders trage man nun in das Netz des Nachbildes auf die Linien AL, GI, NQ, HK, BM, und ziehe durch die so erhaltenen Theilungspunkte entweder aus freyer Hand krumme Linien, oder auch allenfalls durch je drey solcher Punkte, wie etwa I, Q, K, mit dem Zirkelinstrument Kreisbogen, diese werden im Spiegel die geraden horizontalen Linien des Vorbildes darstellen.

58.

Brechung des Lichts.

V. Wir haben bisher von der Zurückwerfung des Lichts uns unterhalten, vornehmlich wenn es auf polirte Flächen oder Spiegel fällt; und diese Erscheinung an verschiedenen Arten von Spiegeln, ebenen und krummen, beobachtet.

Das

Das Gesetz, das bey allen Erscheinungen dieser Art zum Grunde lag, war?

— Daß der Lichtstrahl unter demselben Winkel gleichsam wieder abprallt, unter welchem er auf die Fläche auffiel.

V. Es giebt aber noch eine andere nicht minder merkwürdige Erscheinung bey dem Lichte, die ihr ohne Zweifel auch schon bemerkt habet, nämlich Brechung der Lichtstrahlen, wenn sie aus einer durchsichtigen Materie in eine andere von verschiedener Dichtigkeit übergehen.

W. Das ist es wohl, was wir neulich bemerkten, als wir in der Gondel fuhren: das Ruder sah in dem klaren Wasser wie gebrochen aus *).

V. Eben das ist es, was ich meyne. Wir wollen dieser Erscheinung noch ein wenig nachforschen. Ein paar leichte Versuche werden uns auf das Naturgesetz führen, welches sie befolgt.

Im

*) Remus integer in tenui aqua fracti speciem reddit, sagt Seneca, nat. quaest. I. 3. — eine Erscheinung, die so gemein ist, daß sie natürlich schon dem ersten Menschen auffallen mußte. Aber zu Seneca's Zeiten war noch an keine richtige Erklärung zu denken, auch giebt er gar keine, sondern führt das Phänomen bloß als Beweis an: nihil acie nostra fallacius esse, non tantum in his, a quibus subtiliter pervidendis illam colorum diversitas summovet, sed et in his quoque, quae ad manum cernit.

In diesen Becher hier werfen wir einen Ring. Stellt euch so, daß der Rand des Bechers eurem Auge den Ring verdeckt. — Nun gießen wir Wasser in den Becher, und der Ring, der auf dem Boden liegt, oder vielmehr sein Bild wird nach der Oberfläche des Wassers zu gehoben erscheinen *).

Was können wir aus diesem Versuche schon folgern?

W. Es folgt wohl natürlich daraus, daß das Licht nicht mehr nach derselben Richtung in das Auge komme, wie vorher.

V. Um der Sache genauer nachspüren zu können, nehmen wir (Tab. III. Fig. 15.) einen aus kleinen Scheiben zusammengesetzten und an den Kanten wasserdicht verkitteten gläsernen Kasten, mit dem wir den Versuch wiederholen, und die Linie, worauf es ankömmt, messen und durch Zeichnung darstellen können.

Wir stellen einen Pfeifenstiel GFC dicht an der einen Seitenwand in dieses Gefäß. Jetzt da dasselbe

*) Acies nostra in humido labitur, nec apprehendere quod vult fideliter potest. Quod manifestum fiet, si poculum impleveris aqua et in id conjeceris annulum. Nam cum in ipso fundo jacet annulus, facies ejus in summo aquae redditur.

Welche verworrene Vorstellung! Unser Gesicht gleite in der Flüssigkeit ab, und könne den Gegenstand nicht sicher ergreifen.

dasselbe noch leer ist, müssen wir, um das untere Ende des Stabes C zu sehen, unser Auge hier in diesen Punkt stellen, den ich in der Figur mit I bezeichnet habe, so daß das Ende C, welches an der untern Ecke des Kastens liegt, mit der obern Ecke A und unserm Auge I in einer geraden Linie liegt.

Nun aber füllen wir das Gefäß mit Wasser bis oben an, und sogleich zeigt sich das Phänomen, daß nämlich der ganze Boden gehoben erscheint, als ob er in PDQ läge, und der Pfeifenstiel, wie wenn er da, wo er die Oberfläche des Wassers durchschneidet, gebrochen wäre.

Wenn wir das Ende des Pfeifenstiels mit der Ecke A in gerader Linie sehen wollen, müssen wir unser Auge nicht mehr, wie vorhin, in I, sondern weiter herunter in O stellen.

Wir sehen also jetzt das untere Ende des Stäbchens nach der Richtung OAD. Da aber der Pfeifenstiel doch unverrückt liegen geblieben ist, so muß der Lichtstrahl, welcher von C nach A geht und vorher geradlinicht fortgehend nach I in das Auge kam, nun bey A, wo er aus der Oberfläche des Wassers herausgeht, von seinem Wege abgelenkt, nach der Richtung AO in das Auge kommen.

W. Nichts kann klarer seyn, als dieses.

V. Ich habe hier in der Ecke A des Parallelepipedums ein dünnes Stäbchen AE aufgerichtet, welches wir auch gebrauchen können, um

den Weg des Strahls zu bestimmen. Er stellet nämlich das Einfallsloth vor, und steht senkrecht auf der Oberfläche des Wassers in A, wo der Strahl aus dem Wasser in die Luft übergeht. In Beziehung auf diese Linie, wie wird also die Richtung des Strahls verändert?

W. Er wird weiter davon entfernt, als wenn er gerade aus nach J ginge.

V. Wenn also ein Strahl aus Wasser in Luft, und überhaupt aus einem dichteren durchsichtigen Mittel in ein dünneres übergeht, so wird er von dem Einfallslothe weggebrochen.

W. Das ist klar, und ohne Zweifel nun auch umgekehrt: wenn ein Strahl aus der Luft ins Wasser fährt, wird er nach dem Einfallslothe zu gebrochen.

V. Vollkommen richtig. Wir können uns auch sogleich durch einen eben so leichten Versuch davon überzeugen. Wir stellen in O, wo wir unser Auge hielten, eine Lichtflamme, und halten an die Kante AL des Kastens ein kleines Lineal von gleicher Höhe, so daß es etwa um die Hälfte seiner Breite vor dem Kasten hervorragt.

Hier sehen wir nun ganz augenscheinlich, daß der Schatten der hervorragenden Hälfte des Lineals bis K reicht, so daß dieses Ende des Schlagschattens, mit dem obern Ende A des

Lineals und der Flamme O in gerader Linie liegt, wie gewöhnlich; dagegen der Schatten der an dem Kasten anliegenden Hälfte, auf dem Boden des mit Wasser gefüllten Kastens nur bis C reicht. Ein offenbarer Beweis, daß der Lichtstrahl von O nach A, in freyer Luft geradlinicht nach K, im Wasser aber, dem Einfallslothe AL zu gebrochen, nach C geht.

Wir wollen uns aber auch mit dieser allgemeinen Kenntniß des Phänomens noch nicht begnügen, denn natürlich fällt uns nun die Frage ein: ob es nicht ein gewisses Verhältniß zwischen den Winkeln gebe, die der einfallende und der gebrochene Strahl mit dem Einfallslothe machen.

Um dieses Verhältniß zu entdecken, wollen wir bey unserm letzten Versuche mit der Lichtflamme und dem Schatten des Lineals bleiben. Wir können an der Wand des Kastens die Gränzen des Schattens AD und AC etwa mit einem schmalen Streifchen Papier bekleben, um diese Linien sicher und bequem zu messen; eine Operation, die du selbst verrichten wirst.

W. Die Linie AC, welche die Diagonale der Wand macht, ist genau 4 Zoll, und die Linie AD finde ich 3 Zoll.

V. Gut! Wir wollen das auf trigonometrische Ausdrücke bringen. Welches ist der Einfallswinkel?

W. Der Winkel, den der einfallende Strahl OAD mit dem Einfallslothe AL macht, ist DAP.

V. Und der Brechungswinkel?

W. Der Winkel, den der gebrochene Strahl mit dem Einfallslothe macht, ist CAL.

V. Im Dreyeck DAP verhält sich nun

AD : DP = sin. tot. : sin. des Einfallswinkels

und im Dreyeck CAL verhält sich

AC : CL = sin. tot. : sin. des Brechungswinkels.

Multiplicire in beyden Proportionen die äußeren und mittleren Glieder, so erhältst du bekanntlich gleiche Produkte.

W. Aus der ersten Proportion folgt

AD . sin. des Einfallsw. = DP . sin. tot.

Aus der zweyten

AC . sin. des Brechungsw. = CL . sin. tot.

V. Was in diesen beyden Gleichungen rechter Hand steht, ist sich gleich, und was folgt daraus?

W. Daß auch AD . sin. des Einfallsw. = AC . sin. des Brechungswinkels.

V. Und wenn wir aus diesen beyden Producten eine Proportion machen, so finden wir, daß sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels, wie AC zu AD, oder, wie unsere Messung giebt, wie 4 zu 3 verhalte.

Dies ist also das merkwürdige Naturgesetz bey der Brechung des Lichts, wenn es aus Luft in Wasser übergeht.

Umgekehrt also, wenn es aus Wasser in Luft übergeht, verhält sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels, wie 3 zu 4.

Um also zum Beyspiel für den Strahl C A vom untern Ende des Pfeifenstiels, welcher gerade fort nach J gehen würde, den gebrochenen Strahl richtig zu zeichnen, nimmt man einen beliebigen Halbmesser A E, beschreibt einen Bogen, theilt den Sinus des Einfallswinkels J N in drey gleiche Theile, verlängert ihn bis U um einen solchen Theil, zieht eine Linie U O mit dem Einfallslothe parallel, bis sie den Bogen schneidet, so ist O der Punkt, wohin der gebrochene Strahl A O gezogen werden muß, denn so hat der Sinus des Brechungswinkels O M vier solcher Theile, wie J N deren drey hat.

Was wir jetzt bey dem Wasser gesehen haben, das gilt, nur mit geänderten Verhältnissen, auch bey andern flüssigen und festen durchsichtigen Materien, Oel, Spiritus, Glas, Eis, Spath u. s. w. Die Masse, die uns für unsere Werkzeuge am wichtigsten ist, das Glas nämlich, bricht die Lichtstrahlen beträchtlich stärker, als Wasser, nämlich so, daß sich der Sinus des Einfallswinkels und des Brechungswinkels wie 3 zu 2 verhalten, — im Allgemeinen nämlich und

und ungefähr, denn es giebt verschiedene Arten von Glas, und also auch hier etwas verschiedene Brechungsverhältnisse; überdem ist auch im Lichte selbst eine merkwürdige Verschiedenheit.

59.

Lichtfarben.

W. In dem Lichte selbst, sagten Sie, wäre eine Verschiedenheit? Wird denn nicht ein Lichtstrahl wie der andere gebrochen? Vielleicht die Strahlen der Sonne weniger, als die Strahlen von einer Lichtflamme?

V. So war es nicht gemeint, sondern jeder Lichtstrahl, er komme von der Sonne, oder von einer Flamme, scheint aus verschiedenen Lichtarten zusammengesetzt, und läßt sich durch Brechung gleichsam von einander spalten, da denn die verschiedenen Lichtarten durch ihre Richtung und Farbe sich auszeichnen. Die schönen Farben, welche im Regenbogen, in Thautropfen, in Diamanten, Kronleuchtern von geschliffenem Glase u. s. w. schimmern, sind Folge dieser verschiedenen

schiedenen Brechbarkeit des Lichts, worüber wir jetzt einige Versuche anstellen wollen.

Wenn wir ein Stück Glas mit parallelen Seitenflächen nehmen, so ist die Zerstreuung in Farbenstrahlen nicht merklich, weil diese nicht weit genug aus einander gebracht werden, und als vermischtes, d. h. als weißes farbenloses Licht aus dem Glase herauskommen. Wenn die Seiten des Glases, wo der Strahl einfällt und ausfährt, parallel sind, so sind auch der einfallende und ausfahrende Strahl parallel, wovon ich dir den Beweis selbst gelegentlich zu suchen überlasse.

Ganz anders aber verhält es sich, wenn wir den Strahl aus einer Fläche ausfahren lassen, der mit der, wo er einfällt, einen Winkel macht. Gewöhnlich bedient man sich dazu eines dreyseitigen Prisma's von massivem Glase, dergleichen du auf Tab. III. Fig. 18. 19 ein Paar vor dir siehst, deren Wirkung wir sogleich in unserm finstern Zimmer probiren wollen.

Wir lassen also einen Sonnenstrahl, oder richtiger zu reden, einen Bündel von unzähligen Sonnenstrahlen, durch die kleine Oeffnung des Fensterladens in das Zimmer fallen, und fangen ihn mit dem unterwärts gekehrten Winkel des gläsernen Prisma's auf. Sogleich sehen wir an der entgegengestellten weißen Fläche das schöne Schauspiel der Farbenzertheilung: nämlich ein länglichtes oben und unten rund begränztes Farbenbild,

worin

worin wir deutlich folgende sieben Nüanzen unterscheiden, wiewohl sie nicht scharf begrenzt sind, sondern in einander fließen: (Tab. III. Fig. 18.)

violet
indigo
blau
grün
gelb
orange
roth

So folgen sie in dem Farbenbilde von oben nach unten auf einander, wenn der brechende Winkel des Prisma's unterwärts gekehrt ist. Wird der Strahl mit aufwärts gekehrtem Winkel des Prima's aufgefangen, so ist die Ordnung gerade umgekehrt.

Ihr werdet selbst leicht bemerken, welcher Strahl am meisten, und welcher am wenigsten gebrochen wird.

W. Der violette Strahl wird offenbar am meisten, und der rothe am wenigsten von dem Wege des einfallenden Strahls abgelenkt.

V. So wie wir das Sonnenlicht durch das Prisma in seine Bestandtheile gleichsam zerlegt haben, so können wir auch wiederum aus diesen Bestandtheilen das gemischte farbenlose weiße Licht wieder hervorbringen, wenn wir die Lichtfarben durch ein Brennglas auffangen, und dadurch wieder vereinigen.

Fangen wir einen der farbichten Strahlen aufs neue mit einem zweyten Prisma auf, so zeigt sich auch hinter diesem entweder völlig, oder doch größten=

größtentheils dieselbe Farbe, welche dieser Strahl hinter dem ersten Prisma hatte. *)

60.

Farbige Ränder.

V. Ihr könnt euch mit dem Prisma noch ein anderes artiges Schauspiel verschaffen, nämlich wenn ihr es dicht vor die Augen haltet. Was sehet ihr?

— Lauter bunte farbige Ränder, und alle etwas gebogen!

V. Die bunten Ränder müßt ihr noch etwas genauer beschreiben; richtet eure Augen nach dem Fenster, und sehet etwa auf eine Fenstersprosse.

— Der untere Rand des Holzes ist roth und gelb, und der obere blau und violett.

V. Wohl gemerkt: so wie ihr das Prisma jetzt haltet, nämlich den brechenden Winkel unterwärts

*) Gänzlich von ungeänderter Farbe bleiben nicht alle Strahlen, sondern nur einige, wie sorgfältig angestellte Versuche gelehrt haben. Von diesen Versuchen, die bisher, wie es scheint, noch nicht genug beachtet und wiederholt worden sind, wird nachher noch etwas ausführlicher geredet werden.

wärts gekehrt. Dreht es aber einmal so um seine Axe, daß der Winkel oberwärts gekehrt ist — — Da ist es gerade umgekehrt: die obere Seite der Fenstersprosse ist roth und gelb, die untere blau und violett.

V. Eigentlich ist es aber nicht die Fenstersprosse, von der das Licht ausgeht, was sich hier Tab. III. Fig. 19. in Farben zertheilt, sondern es ist das Licht, was durch die Scheibe einfällt. Wenn ihr nach der viereckichten Oeffnung im Fensterladen sehet, wo wir vorher das Prisma eingesetzt hatten, so werdet ihr mit unterwärts gekehrtem Winkel des Prima's den obern Rand der Oeffnung roth und gelb, den untern blau und violett erblicken.

Diese Erscheinung können wir uns so erklären:

Der äußerste vom obern Rande A ausgehende Lichtstrahl, von welchem nach der Brechung noch etwas in das Auge O gelangen kann, sey A C. Er wird hinter dem Prisma in Farben zerlegt, die aber nicht alle ins Auge kommen können. Nur die am wenigsten gebrochene rothe Lichtfarbe C O wird das Auge treffen, die übrigen aber bis zur violetten C E werden schon die Oeffnung des Auges vorbeygehen. Von einem gleich unter C einfallenden Strahl wird außer dem rothen noch etwa der orangenfarbene, von einem dritten auch wohl noch der gelbe Strahl ins Auge kommen. Es kommt also vermittelst des Prisma's von dem oberen Rande des Gegenstandes mehr

rothes

rothes und gelbes Licht ins Auge, als anderes. Beym unteren Rande ist es gerade umgekehrt. Der letzte Strahl von dem noch etwas in das Auge gelangt, sey B D. Von ihm wird nur der am meisten gebrochene Strahl, das ist, der violette, die Oeffnung der Pupille treffen, die übrigen minder gebrochenen werden unter der Pupille vorbeygehen. Von dem zweyten nächst über D auffallenden wird außer dem violetten noch der indigofarbene, und von dem dritten noch der blaue ins Auge kommen. Vom untern Rande erhält also das Auge mehr violette und blaue Strahlen, als andere.

Warum bey aufwärts gerichtetem Winkel des Prima's die Erscheinung sich umgekehrt verhalte, bedarf keiner Erklärung. Ich denke, ihr werdet dies ohnehin schon begreifen.

— Wir haben es sehr wohl verstanden.

V. Haltet aber einmal das Prisma ganz über dem Auge mit einer der Flächen unterwärts gekehrt, so werdet ihr wieder etwas anderes wahrnehmen.

— Jetzt sehen wir zwar auch das Fenster und die übrigen Gegenstände, aber etwas schwach und ohne Farben.

V. Diese Bilder, die ihr auf diese Art erblickt, gelangen nämlich nicht durch Brechung, sondern durch Zurückwerfung von der untern Fläche des Glases, in eure Augen.

Durch

— Durch Zurückwerfung? Aber hier ist doch kein Spiegel.

V. Warum nicht? Jede glatte Fläche giebt einen Spiegel ab, sie mag durchsichtig oder undurchsichtig seyn; nur im letzten Falle gehen viele Strahlen durch, und es werden weniger zurückgeworfen, daher auch die Bilder weniger lebhaft sind. Jede nicht zu unebene Wasserfläche wirft ja die Bilder der Sonne, der Bäume am Ufer u. s. w. zurück.

Bey jeder Brechung und Zurückwerfung gehen eine Menge Strahlen für die Wirkung, die man dadurch beabsichtiget, verlohren. Bey den Gläsern in Fernröhren u. s. w., wo nur das Licht zum Zwecke dient, was durchgeht, ist alles das verlohren, was zurückgeworfen wird; und bey Spiegeln in Reflectoren geht alles das verlohren, was durchgeht.

W. Was sind das? Reflectoren?

V. So nennt man die Fernröhre oder Teleskope, worin metallene Hohlspiegel statt der Gläser sind.

W. Aber Sie sagten, es wäre verlohren, was durchginge; durch Metall kann doch kein Licht durchgehen.

V. Ich hätte also vielleicht richtiger gesagt: was verschluckt und unregelmäßig wie von rauhen Flächen zurückgeworfen wird.

61.

Etwas aus der Physik der Alten.

Ich habe meinen jungen Lesern, wenn ich nicht irre, schon einmal einen Abschnitt mit dieser Ueberschrift zu lesen gegeben, und ihnen bey der Gelegenheit auch ohne Zweifel schon gesagt, daß die Alten in der Physik nicht den rechten Weg einschlugen, weil sie nicht genug beobachteten, und sich die Erklärungen zu leicht machten. Es gab zwar Philosophen, die den Spruch im Munde führten: wir wissen nur das, daß wir nichts wissen *); dagegen gab es in alten und neuen Zeiten auch solche, die sich das Ansehen gaben, Alles zu wissen, und lieber unrichtig erklärten, als aufrichtig gestanden, daß sie es nicht verständen.

Gesichtsphänomene waren natürlich diejenigen, deren Erklärung mit am ersten versucht wurde,

*) Lucrez sagt von diesen Nichts-wissern:

Denique nil scire si quis putat, id quoque nescit
An sciri possit, quod se nil scire fatetur.

Der alte Weise, dem der obige Ausspruch angehört, nahm ihn aber freylich nicht in dem Sinne, wie die, welche Lucrez meint.

wurde, da sie zu den gemeinsten und lebhaftesten gehören. Ich werde meinen jungen Lesern eine Probe geben, wie die Alten darüber dachten.

Es war eine sehr beliebte Manier der alten Schriftsteller, ihre Abhandlungen in die Form der Unterredung bey freundschaftlichen Zusammenkünften einzukleiden. Solche fingirte Gespräche müssen nun freylich nicht nach den Regeln des dramatischen Dialogs beurtheilt werden (was auch für diesen physikalischen Kinderfreund gilt). Es spricht und docirt oft einer der Gäste etwas lange hinter einander weg. Das thut aber nichts zur Sache; es sind keine Theaterstücke.

In dieser Manier hat denn unter andern auch der alte Plato uns allerley schöne Sachen hinterlassen, die er dem Socrates und dessen Freunde in den Mund legt. Eines dieser Gespräche handelt von der Natur. Timäus hat es auf sich genommen, die Gesellschaft zu unterhalten, daher auch die ganze Unterhaltung dessen Namen führt (Τιμαῖος ἢ περὶ φύσεως).

Er kommt denn auch auf das Licht zu sprechen, und das ist die Stelle, die uns hier eigentlich angeht, und wovon wir einiges mittheilen werden. Wir machen es aber wie die Alten bey ihren Convivien, das heißt, wir nehmen es nicht so genau, wenn auch etwas mit unterläuft, was nicht zum Thema gehört, und fangen daher die

die Stelle ein wenig früher an, als sie anfängt, um erst beyläufig zu hören, —

62.

Warum der Mensch nicht kugelrund ist.

Timäus hat seinen Zuhörern schon allerley sublime Sachen von der Welt vorgetragen, die er wie ein großes Thier vorstellt, und wovon er zeigt, warum sie rund seyn müsse, womit ich meine Leser verschone *). Er kommt dann auf den Menschen. „Ich muß euch doch" — fährt er fort, „von der Bildung der mensch„lichen Gestalt etwas ausführlicher unterhalten. „So wie die Welt rund ist, so machten auch die „Götter zuerst den Kopf rund wie eine „Kugel. Er ist das Vorzüglichste am Men„schen,

*) Ich bitte meine jungen Leser, nicht etwa zu glauben, daß ich überhaupt die Alten und ihre Meinungen verspotten wolle, wovon ich sehr entfernt bin. Was das Raisonnement über den kugelrunden Kopf betrifft, so muß ich sogar gestehen, daß es mir eigentlich gar nicht übel vorkommt.

„schen, und der Beherrscher der übrigen Glieder; „der ganze Körper muß ihm gehorchen. Die „Götter dachten nun auf Mittel, diesen Kopf zu „allen möglichen Bewegungen geschickt zu ma„chen. Die Erdfläche ist aber uneben und rauh, „es geht da bergauf bergab. Ließen sie den ku„gelrunden Kopf unmittelbar auf dem Bo„den sich herumwälzen, so konnte das ohne „schlimme Kopfstöße nicht abgehen. Um das „Uebel also zu vermeiden, so machten sie unter „dem Kopfe einen Rumpf, und setzten vier „lange und biegsame Gliedmaßen dar„an, wodurch der Mensch nun sich selbst bewe„gen, andere Dinge ergreifen, und über Alles „wegschreiten konnte, so, daß der Kopf als der „Sitz des Göttlichen (der Seele) immer oben „blieb. So erhielt also der Mensch Arme und „Beine. Die vorderen Theile hielten die Göt„ter für vorzüglicher und für geschickter, das „übrige zu regieren, als die hinteren, daher fan„den sie es für gut, daß der Mensch sich auch „vorzüglich nach vorne hin bewege. Die vor„dere Seite des Kopfes mußte nun verschiedene „Theile haben. Sie gaben also der Kopf„Kugel vorne ein Gesicht, und darin wieder„um verschiedene Organe zum Dienste der „Seele, die von hieraus den Körper beherrschen „sollte.

63.

Meinungen der Alten über das Sehen.

„Unter allen Theilen des Angesichts" — so läßt Plato den Timäus fortfahren — „kamen „nun zuerst die Augen zum Vorschein. Diesen „Organen gaben die Götter von jenem Feuer, „welches nicht brennt, sondern erleuchtet, und „das angenehme Tageslicht verursacht. Das „innere Feuer, welches im Körper des Menschen „enthalten und mit jenem von einerley Art ist, „sollte durch die Augen ausströmen, und zwar „sollte die enge Oeffnung in der Mitte des Auges „nur das feinere Feuer durchlassen, das gröbere „aber zurückhalten. Wenn nun das Tageslicht „dem aus den Augen strömenden Lichte begegnet, „so vermischen sich diese beyden ähnlichen Ma„terien *), stoßen wechselsweise zusammen, die „Er-

*) Ὅταν οὖν μεσημερινὸν ᾖ φῶς περὶ τὸ τῆς ὄψεως ῥεῦμα τότε ἐκπίπτον, ὅμοιον πρὸς ὅμοιον ξυμπαγὲς γενόμενον u. s. w.

Daß obige Uebersetzung übrigens nicht eben ganz wörtlich ist, werden Kenner, wenn sie anders dies lesen sollten, bald bemerken. Doch ist, denke ich, dem Sinn keine Gewalt geschehen. Daß der Timäus des Plato eins der schwersten Stücke sey, sagt schon Cicero de finib. II. c. 5.

„Erschütterung pflanzt sich auf den Körper, und „so auf die Seele fort, und verursacht die Empfindung, die wir das Sehen nennen. Wenn „aber das äußere verwandte Feuer in Nacht verlöscht, so verlöscht auch der aus den Augen ausfahrende Gesichtsstrahl, weil er in eine ihm ganz „unähnliche Materie, in die lichtleere Luft übergeht. Das Sehen hört also auf —"

Doch wir werden wohl auch aufhören müssen, den Plato reden zu lassen, um noch den Lucretius zu hören.

„Ich behaupte," sagt dieser, „daß Bilder „der Gegenstände, zarte Figuren, von der äußersten Oberfläche der Körper ausgehen, die „man gleichsam Häutchen oder Rinde nennen „könnte *)."

Er vergleicht diese Bilder, welche sich von den Körpern losreißen sollen, ausdrücklich mit der abgestreiften Haut der Schlangen und Insecten, und sagt über ihre Feinheit und Schnelligkeit noch vieles, womit wir unsere Leser nicht ermüden wollen.

Es sey uns erlaubt, noch den Seneca anzuführen, der im ersten Buche seiner physikalischen

*) Dico igitur rerum effigies tenuesque figuras
Mittier ab rebus summo de cortice earum
Quae quasi membrana vel cortex nominitanda est.
Lucret. de nat. rer. L. IV. v. 46.

schen Untersuchungen verschiedene optische Materien behandelt, und in seinen Aeußerungen mehr mit denen des Plato, als mit dem epicureischen System des Lucretius übereintrift. Wir führten schon vorhin eine Stelle an, wo er vom Sehen so spricht, wie wenn es eine Art von Angreifen oder Betasten wäre. Aus andern Stellen erhellet es noch deutlicher, daß er sich vorstellte, es gehe ein Strahl aus dem Auge heraus, der den Gegenstand berühre und dadurch die Empfindung des Lebens hervorbringe, etwa so wie ein Blinder durch das Gefühl Vorstellungen von der Figur eines Körpers erhält, wenn er mit dem Finger, oder auch nur mit einem Stabe, darauf herumfühlt. In seiner Erklärung des Regenbogens kömmt unter andern folgende Stelle vor, die auch wegen eines darin als Erfahrungssache aufgestellten Phänomens, welches in die Classe der Gespenstererscheinungen gehört, merkwürdig ist.

Von jedem glatten Gegenstande, sagt Aristoteles, biegt unser Gesicht seine Strahlen zurück, nichts aber ist glätter, als Wasser und Luft; daher auch von einer dichten Luft unser Gesichtsstrahl auf uns selbst zurückkehrt. Ist nun unser Gesicht stumpf und schwach, so wird es schon von jedem Zusammentreffen mit der Luft aufgehalten. Es giebt Menschen, die an der sonderbaren Art von Krankheit leiden, daß sie sich selbst zu begegnen scheinen und allenthalben ihre eigne

Gestalt

Gestalt sehen — und warum? — Weil die schwache Kraft ihrer Augen nicht einmal die nächst vorliegende Luft durchdringen kann, sondern davon aufgehalten wird. Was also bey andern eine dicke Luft thut, das thut bey solchen Menschen jede. Denn sie sey, wie sie wolle, so ist sie doch im Stande, den kraftlosen Gesichtsstrahl zurückzutreiben *).

*) Aristoteles idem judicat: Ab omni, inquit, laevitate acies radios suos replicat; nihil autem laevius aqua et aere. Ergo etiam ab aere spisso visus noster in nos redit. Ubi vero hebes et infirma est acies, quolibet aëris ictu deficit. Quidam hoc genere valetudinis laborant ut ipsi sibi videantur occurrere, et ubique imaginem suam cernant. Quare? Quia infirma vis oculorum non potest ne proximum quidem sibi aërem perrumpere, sed resistat. Itaque quod in aliis efficit densus aër, in his facit omnis. Satis enim valet qualiscunque ad imbecillem aciem repellendam.

Seneca, natur. quaest. L. I. c. 3.

In einer anderen Stelle, wo er von Spiegeln spricht, stellt er beyde Meynungen, des Epicurs und Aristoteles neben einander.

De speculis duae opiniones sunt: alii enim in his simulacra cerni putant, id est corporum nostrorum figuras a nostris corporibus emissas ac separatas; alii imagines ajunt non esse in speculo, sed ipsa adspici corpora, retorta oculorum acie et in se rursus reflexa.

Nat. quaest. L. I. c. 5.

64.

Meynungen der Alten über die Farben.

So unvollkommen die Begriffe der Alten über das Sehen waren, eben so sonderbar sind auch ihre Meynungen über die Farben.

Plato hält die Farbe für eine Flamme, welche aus den Körpern ausströme, und deren Theile für das Gesicht das gehörige Maaß haben, um von demselben empfunden zu werden *). Was von den Körpern ausgehe, seyen entweder Theile, die denen des Gesichts gleich oder ungleich sind. Im ersten Falle werde ein solcher Körper nicht gesehen, sondern sey durchsichtig. Im letzteren werde das Gesicht von den größeren oder kleineren Theilen entweder ausgedehnt oder zusammengezogen, so wie kalte und warme Körper auf das Gefühl, saure oder bittere auf den Geschmack wirken. Was das Gesicht ausdehne (zerstreue), sey dasjenige, was wir weiß nennen, was es zusammenziehe (sammle), schwarz. Wenn beyde Arten von Feuertheilen heftig gegen das Auge sich bewegen, so verursache das Thränen; eine

*) Φλόγα τῶν σωμάτων ἑκάςων ἀποῤῥέουσαν, ὄψει σύμμετρα μόρια ἔχουσαν πρὸς αἴσθησιν.

Τιμαῖος.

eine Thräne sey nämlich ein Körper aus Feuer und Wasser gemischt. (Nicht übel!) Wenn nur eine Art von Feuer durchdringe und sich mit der Feuchtigkeit des Auges vermische, so entstehen daraus die verschiedenen Farben. Aus Vermischung einer Art von Feuer mit der Feuchtigkeit des Auges werde roth; aus Glanz mit weiß und roth gemischt, gelb; aus roth, weiß und schwarz, purpurroth, und mit etwas mehr schwarz, dunkelroth; aus weiß und schwarz, braun; aus Glanz, weiß mit vielem schwarz versetzt, himmelblau; aus dunkelgelb und schwarz, grün.

Lucretius dringt, seinem System gemäß, sehr darauf, die Farbe nicht als eine den Theilchen der Materie beywohnende Eigenschaft, sondern als eine Folge der verschiedenen Mischung und Lage dieser Theile anzusehen. Die Theile der Materie haben gar keine Farbe *). Dies verändere sich, eine Farbe könne sich in alle andere verwandeln; die Atomen oder Theilchen der Materie aber müssen unveränderlich seyn **).

Das

*) Nullus enim color est omnino materiaï
Corporibus, neque par rebus neque denique dispar.
Lucr. de nat. rer. L. II. v. 736.

**) Omnis enim color omnino mutatur in omnes
Quod facere haud ullo debent primordia pacto
Immutabile enim quiddam superare necesse est.
Lucr. de nat. rer. L. II. v. 748.

Das blaue Meerwasser sey zuweilen schwarz, zuweilen weiß, welches nicht möglich sey, wenn die Theilchen selbst blau wären *). Farben können nicht ohne Licht seyn, und werden mit dem Lichte selbst verändert, je nachdem dieses senkrecht oder schief darauf falle. Die Federn am Halse der Tauben, von der Sonne beschienen, können als Beyspiel dazu dienen, indem sie bald eine rubinrothe, bald eine smaragdgrüne Farbe zeigen; so auch die Federn im Pfauenschwanze, wenn sie einem starken Lichte entgegengekehrt seyen **).

Seneca, der mehrere Capitel hindurch vom Regenbogen viel Wahres und noch mehr Falsches sagt, nennt die Farben desselben, so wie die von den Federn am Halse der Tauben und Pfauen, falsche, nicht wirkliche Farben. Unter den letzteren scheint er die bleibenden Farben auf den Oberflächen der Körper zu verstehen, unter den falschen

*) Quodsi caeruleis constarent aequora ponti
Seminibus, nullo possent albescere pacto.
Lucr. de nat. rer. L. II. v. 771.

**) Pluma columbarum quo pacto in sole videtur
Quae sita cervices circum, collumque coronat.
Namque alias fit uti claro sit rubra pyropo,
Interdum quodam sensu fit uti videtur
Inter coeruleum virides miscere smaragdos
Caudaque pavonis larga cum luce repleta est,
Consimili mutat ratione obversa colores.
Lucr. de nat. rer. L. II. v. 800.

falschen oder scheinbaren die, welche sich mit der Lage der Oberfläche gegen die Lichtstrahlen verändern. Der Regenbogen entsteht, nach seiner Meynung (worin er dem Posidonius folgt), wenn Sonnenstrahlen auf eine wie ein Hohlspiegel gekrümmte Wolke fallen; er überläßt es den Geometern, dieses zu beweisen. Regentropfen und eckichte Gläser, meynt er, wären wie Spiegel anzusehen. Daß sie nur Farben, nicht das Bild der Sonne selbst geben, käme daher, weil die Tropfen zu geschwind fielen, und die Gläser nicht darnach gestaltet wären. Sie bemühten sich zwar, das Bild darzustellen, weil die Materie glatt und also zum Spiegeln geschickt wäre, aber sie konnten es nicht zu Stande bringen, weil sie nicht die rechte Gestalt hätten; sie könnten also nur das Bild anfangen, nicht aber vollkommen ausdrücken *).

Ich

*) Primum apparet quiddam laeve esse debere simile speculo, quo solem repercutiat; deinde apparet, non fieri ullum colorem, sed speciem falsi coloris, qualem columbarum cervix et sumit et ponit, utcunque deflectitur. Hoc autem et in speculo est, cujus nullus videtur color, sed simulatio quaedam coloris alieni. Unum tamen hoc solvendum est, quod non visitur in virgula (vitrea) solis imago, cujus bene exprimendae capax non est. Ita conatur quidem reddere imaginem, quia laevis est materia et ad hoc habilis, sed non potest quia enormiter facta est.

Ich brauche meine Leser nicht um Verzeihung zu bitten, daß ich sie ein wenig mit den Meynungen der Alten unterhalten habe, wofür hier eher, als in Lehrbüchern Platz ist. Unterhaltend, glaub' ich, ist es immer, zu sehen, wie sich der menschliche Geist bemüht hat, Rechenschaft von natürlichen Erscheinungen zu geben, wie er sich durch Worte und Wendungen täuscht, wo er nicht befriedigend erklären kann. Wir mit unsern richtigern Kenntnissen, besonders in der Lehre von Brechung der Lichtstrahlen, die jetzt ganz geometrisch ist, können freylich das Raisonnement eines Plato, Lucrez, Seneca, über diese Dinge nicht ohne Lächeln lesen, aber wir müssen uns bescheiden, daß wir in ihrem Zeitalter wohl nicht besser und in manchen Stücken vielleicht nicht einmal so gut, wie sie, raisonnirt haben möchten.

est. Si apta fabricata foret totidem redderet soles, quot habuisset infecturas. Quae quia non discernuntur inter se non satis in vicem speculi nitent: Inchoant tantum imagines nec exprimunt et ob ipsam viciniam turbant et in speciem coloris unius adducunt.

Seneca, nat. quaest. L. I. c. 7.

Citius cadunt stillae, quam ut concipere imaginem possint. Standum est ut id quod imitantur excipiant. Quid ergo fit? Colorem, non imaginem ducunt.

Seneca, nat. quaest. L. I. c. 5.

65.

Des Cartes Versuche und Meynungen über Licht und Farbe.

Die verworrenen Vorstellungen, die wir so eben mitgetheilt haben, erhielten sich einen großen Zeitraum hindurch. Erst mit des Cartes fieng eine hellere Periode an.

Dieser französische Philosoph, der zugleich Naturforscher und Mathematiker war, gab in der Philosophie und Physik, worin man lange genug dem Aristoteles als einem Orakel blind gefolgt war, einen andern besseren Ton an. Auch in der Lehre von den Farben hat ihm die Physik viel zu verdanken. Er machte genaue Versuche mit einer mit Wasser gefüllten Glaskugel, beobachtete und maaß die Winkel, unter denen die eine oder die andere Farbe erschien, wenn der Sonnenstrahl durch Zurückwerfung und Brechung aus der Kugel in das Auge gelangte. Auch mit dem dreyeckichten gläsernen Prisma machte er Versuche, welche nachher Newton in größerer Vollkommenheit fortsetzte. Seine Erklärung, warum an der einen Stelle das Licht roth, an der andern blau, gelb, grün sey, ist indessen nichts weiter, als eine Hypothese, die in sein übriges System paßte. Er nimmt nämlich eine feine Materie an,

aus

aus kleinen Kugeln bestehend, die zugleich eine geradlinichte und drehende Bewegung hatten. Diejenigen Theilchen, welche sich am schnellsten drehen, geben die rothe, die, welche sich am langsamsten drehen, die blaue Farbe. Ueber die Purpur- und Violetfarbe, die nun wieder sich der rothen nähert, geht er mit einer nicht gar zu deutlichen Wendung hin. Dies ist, wie gesagt, eine Hypothese, wie denn des Cartes überhaupt von Hypothesen ein großer Freund war. Nicht aber darin besteht sein Verdienst, sondern in den richtig angestellten Versuchen und in dem Bestreben, die Philosophie von den scholastischen Fesseln zu befreyen *).

66.

*) Mea quidem sententia, manifeste ex his omnibus liquet, naturam colorum qui pinguntur in F (nämlich wo die Strahlen am wenigsten gebrochen sind) tantum in eo consistere quod particulae materiae subtilis, actionem luminis transmittentes, majori impetu et vi rotari nitantur quam secundum lineam rectam moveri: ita ut, qui (sollte wohl hier und in der Folge heißen: quae) multo validius rotari nituntur rubicundum colorem efficiant, et qui non nisi paullo validius flavum. Ut contra natura eorum qui videntur ad H (nämlich wo die Strahlen am stärksten gebrochen werden) tantum in eo consistit quod hae particulae non tam velociter rotentur, quam alias solent, ... ita ut viride appareat, ubi non multo tardius solito

rotantur

66.

Newtons Licht- und Farbenlehre.

Newtons Versuche machen in der Geschichte der Farbenlehre die merkwürdigste Epoche. Er stellte sie mit vieler Sorgfalt in einem dunkeln,

rotantur et caeruleum, ubi multo tardius; et ſaepe in extremitatibus hujus caerulei rutilus quidem color ei miſcetur, qui fulgorem ſuum ipſi communicans in violaceum ſive purpureum illum mutat. Quod procul dubio ex eo eſt, quod eadem cauſa quae rotationem particularum materiae ſubtilis tardare conſuevit, quum tunc ſatis valida ſit ad quasdam invertendas, et earum ſitum immutandum, earundem rotationem accelerare debeat dum interim illam aliarum tardat. Et in his omnibus tam unanimis ratio et experientia conſpirant, ut non putem, ullum ex iis, qui ad utramque ſatis attendant, credere poſſe, naturam colorum aliam eſſe, quam explicari.

Renati des Cartes Meteora. C. 8. §. 7.

Die letzte Periode iſt ächt franzöſiſch; Newton ſpricht von ſeinen doch noch weit trefflicheren Verſuchen und richtigeren Theorien weit beſcheidener. Indeſſen mag es ſeyn, daß des Cartes ein wenig zu ſehr von ſeinen Meinungen eingenommen iſt, mag es ſeyn, daß er unhaltbare Hypotheſen aufdringt, mag es endlich auch ſeyn, daß er hin und

dunkeln, schwarz ausgeschlagenen Zimmer an, um durchaus alles fremde Licht abzuhalten, wiederholte sie mehrmals und machte sie im Jahr 1672 bekannt. Diese Versuche wurden bald von andern Naturforschern, — aber nicht mit gleicher Sorgfalt und Geduld, also auch nicht mit gleichem Erfolge, nachgemacht, und eben deshalb von vielen bezweifelt, aber von Desaguliers und andern bestätigt. Das Resultat davon war, was wir schon oben vorgetragen haben, daß nämlich die Farben nicht eine Veränderung des Lichts durch Brechung oder Zurückwerfung seyen in dem Sinne, wie es des Cartes nahm, so daß eben das Licht, was vor der Brechung farbenlos war, nach derselben roth oder blau u. s. w. werde, sondern daß dieses Roth, Blau u. s. w. schon in dem ungebrochenen Bündel von Lichtstrahlen seyn müsse, nur daß die sämtlichen Farben in ihrer Mischung dem Auge weiß oder farben-

und wieder von Andern nimmt, ohne sie auch nur zur schuldigen Danksagung zu nennen (wie er denn z. B. in seiner Dioptrik gewiß viel vom Snellius nahm), es bleibt ihm doch immer Verdienst genug.

Daß Boyle der erste gewesen sey, der die Erfahrung über die Farben zu Rathe zog, wie Gehler sagt, scheint mir doch nicht ganz gerecht gegen des Cartes zu seyn. Gehler führt des Cartes Dioptrik an. Die Versuche über die prismatischen Farben kommen aber in den Meteoren vor.

benlos erscheinen. Weißes Licht, wie es von der Sonne kommt, ist eine Mischung einer Menge von Lichtfarben, die durch die Brechung von einander getrennt werden, weil sie verschiedene Brechbarkeit haben. Das Auge unterscheidet deutlich sieben solcher Farbenlichter, aber sie gehen allmählig in einander über, und zwischen ihnen sind viele andere, die wir nicht besonders benennen, welche aber so gut wie jene einzelne Farbenlichter, einfache Bestandtheile des gemischten Sonnenlichtes sind. Daß jedem Farbenlichte die Farbe, welche es zeigt, ursprünglich und eigenthümlich angehöre, sieht man daraus, daß es durch neue Brechung, so wenig, wie durch Zurückwerfung, nicht weiter geändert wird.

Wenn man zwey, drey und mehrere verschiedene Farbenlichter wieder zusammen bringt (welches durch Hülfe zweyer oder mehrerer Glasprismen oder durch ein Sammlungsglas geschehen kann), so entsteht eine gemischte Farbe, und bringt man alle wieder zusammen, so hat man wieder weißes farbenloses Licht.

Durch solche Mischungen kann man Farben hervorbringen, die einer oder der andern von den ursprünglichen ähnlich sind; zum Beyspiel, wenn man rothes und gelbes Licht zusammenfallen läßt, so entsteht daraus ein orangenfarbenes; aber diese gemischte Orangenfarbe theilt sich durch eine neue Brechung wieder in Roth und Gelb, dagegen das ursprünglich orangenfarbene Licht auch nach einer zweyten Brechung unverändert bleibt.

Dieses,

Dieses, daß jedes der verschiedenen Farbenlichter unverändert bleibe, wurde besonders gleich anfangs in Zweifel gezogen, und neuerlich wieder sind merkwürdige Versuche angestellt worden, welche zu beweisen scheinen, daß nicht jene sieben, noch weniger alle dazwischenfallende Farbenlichter, einfach und unwandelbar sind, wovon wir unsern jungen Lesern gleich nachher Nachricht geben wollen.

Das bisher Erzählte war es, was Newton bloß aus den Versucheu folgerte, und was unstreitig daraus folgt, wenn die Richtigkeit der Versuche selbst außer allen Zweifel ist. Das übrige, was Newton über die Natur des Lichts überhaupt und des einfachen Farbenlichtes insbesondere vorträgt, ist freylich nun auch nur Hypothese.

Newton hält nämlich das Licht für eine aus dem leuchtenden Körper ausfließende feine Materie, welche durch die durchsichtigen Körper hindurch geht, von andern zurückgeworfen wird. Diese Lichtmaterie also sey aus mehreren einfachen Materien von verschiedener Farbe und Brechbarkeit gemischt, und zwar seyen diese letzteren eine Folge der verschiedenen Feinheit; das rothe Licht habe die größten Theile, das violette die feinsten, und so nach der Ordnung.

Wenn man auch die Lehre, daß das Licht ein Ausfluß aus dem leuchtenden Körper sey (das Emanations- oder Emissionssystem), für sehr an-

annehmlich, und für mehr als Hypothese halten kann, so ist doch das übrige, von der verschiedenen Feinheit der Bestandtheile des Lichts, nichts mehr als eine Vorstellungsart, für die weiter nichts aus der Erfahrung gegeben ist, und für mehr wird auch der große Newton es nicht haben ausgeben wollen.

67.

Eulers Licht- und Farbenlehre.

Ein anderer, nicht minder verehrungswürdiger, Gelehrter — Euler, läßt die Versuche von den einfachen Lichtfarben unangefochten, bestreitet aber die Meinung von der Natur derselben oder das Emanationssystem, und trägt dagegen mit vielem Reiz der Darstellung das Vibrationssystem vor, welches mehr mit der Meinung des des Cartes übereintrifft. Nach ihm entsteht die Empfindung des Lichts, wenn eine feine Materie — die wir Aether nennen, in zitternde Bewegung gesetzt wird. Die Farben sind eine Folge der verschiedenen Schnelligkeit, mit welcher die Schwingungen des Ae-

thers

thers auf einander folgen; die rothe Lichtfarbe werde von den schnellsten, die violette von den langsamsten Schwingungen verursacht.

Licht ist also, nach Euler, für das Auge das, was der Schall für das Ohr ist; die sieben Farben das, was die sieben Töne der Octave sind. So vielen Reiz auch diese — musikalische Theorie des Lichts, wie man sie nennen möchte, für die Phantasie hat, zumal wenn sie von einem Euler vorgetragen wird, so ist sie doch wohl nicht haltbarer, als jene Newtonsche, und berechtigt in der That nicht, das Emanationssystem mit den harten Ausdrücken: „ein seltsames System, eine Verirrung eines „großen Mannes," u. s. w. zu verwerfen.

Die Hauptschwierigkeiten, welche die Gegner des Emanationssystems und namentlich Euler, bey dieser Newtonschen Hypothese finden, sind die, daß die Sonne in jedem Augenblicke von ihrer Materie verlieren, und also ihre Größe abnehmen müsse, daß Lichtstrahlen von mehreren Seiten her sich in jedem Augenblicke durchkreuzen, und von ihrer geradlinichten Bahn abbringen müßten, und daß die durchsichtigen Körper in jeder Richtung durchbohrt seyn müßten, um die Lichtstrahlen durchzulassen.

„Ich glaube," fährt Euler fort, nachdem er diese Einwürfe vorgetragen hat, „alle diese „Schwierigkeiten werden hinlänglich überführen, „daß dieses System der Emanation in der Natur „nicht

„nicht Statt haben kann, und man muß erstau„nen, daß er von einem so großen Manne aus„gedacht, und von so vielen aufgeklärten Philo„sophen angenommen worden. Aber Cicero hat „schon die Anmerkung gemacht, daß sich nichts „so Ungereimtes denken lasse, was nicht die Phi„losophen zu behaupten im Stande wären....

„Newton, der besorgt war, daß eine „feine Materie, so wie sie des Cartes an„nahm, den Lauf der Planeten stöhren möchte, „gerieth auf ein sehr seltsames und seiner Absicht „gerade entgegenstehendes Hülfsmittel, wodurch „die Bewegung der Planeten eine unendlich grö„ßere Störung leiden müßte. Ein sehr trauri„ges Beyspiel von der menschlichen Weisheit, „die, indem sie einer gewissen Schwierigkeit aus„weichen will, in weit größere Ungereimtheiten „verfällt.... Newton ist unstreitig einer der „größten Geister, die jemals gelebt haben: seine „tiefe Einsicht und der Scharfsinn, womit er in „die verborgensten Geheimnisse der Natur einge„drungen ist, wird immer für uns und die Nach„welt der größte Gegenstand der Bewunderung „bleiben. Aber die Verirrungen dieses großen „Mannes müssen dazu dienen, uns zu demüthi„gen und die Schwäche des menschlichen Verstan„des kennen zu lernen, der, wenn er sich auf „die höchste Stufe erhoben hat, welche Menschen „erreichen können, dem ungeachtet oft in Gefahr „ist, in die gröbsten Irrthümer zu gerathen....

„Obgleich die Sonne die ganze Welt erleuch„tet, so verliert sie doch nichts von ihrer Sub„stanz, indem ihr ganzes Licht durch eine äu„ßerst lebhafte und schnelle Erschütterung in ihren „kleinsten Theilen hervorgebracht wird, die sich „dem benachbarten Aether mittheilt, und von da „nach allen Seiten bis auf die größten Entfer„nungen fortgepflanzt wird, eben so, wie eine „in Bewegung gesetzte Glocke der Luft eine ähn„liche Erschütterung mittheilt. Je mehr man „diese Uebereinstimmung zwischen leuchtenden und „schallenden Körpern betrachtet, desto mehr fin„det man sie mit den Erfahrungen übereinstim„mend, da im Gegentheil das System von dem „Ausfließen der Lichtstrahlen um desto widerspre„chender ist, je mehr man es auf die Erscheinun„gen der wirklichen Welt anwenden will. . . . . „Um also bey der Vergleichung zwischen Licht „und Schall zu bleiben, so würde die Sonne ei„ner Glocke ähnlich seyn, die ohne Aufhören „schlägt, es müssen nämlich die kleinen Theile „der Sonne beständig in derjenigen Bewegung „erhalten werden, die im Aether das hervor„bringt, was wir Lichtstrahlen nennen.“

Nachdem der große Euler diese Aehnlichkeit von Licht und Schall im Allgemeinen behauptet und seiner Meinung nach bewiesen hat, so kommt er auf die Verschiedenheit in Ansehung der Geschwindigkeit, mit welcher sich beyde fortpflanzen, und zeigt sodann, wie nach dieser Theorie

das

das Sichtbarwerden der dunkeln Körper besser zu erklären sey, als nach der Newtonschen Theorie durch die Zurückwerfung der von dem leuchtenden ausgehenden Lichtstrahlen. Es würde hier zu weit führen, alle seine Gründe anzuführen, wodurch er dies, wie er sagt, unumstößlich beweiset.

„Wenn man alle diese Gründe zusammen-
„nimmt, fährt er fort, so wird man nicht mehr
„anstehen, den Ausspruch zu thun, daß sich jene
„Meinung auf keine Weise in der Philosophie,
„oder vielmehr in der Physik behaupten lasse.
„Indessen darf ich mir doch nicht schmeicheln,
„daß die Philosophen, die ihren einmal angenom-
„menen Meinungen zu sehr ergeben sind, diesen
„Gründen Gehör geben werden. In der That,
„so seltsam auch die gemeine Meinung seyn mag,
„so ist sie doch mit vieler Hitze behauptet und ver-
„theidigt worden. Man kann nicht sagen, daß
„die Ungereimtheiten und Widersprüche
„den Anhängern dieser Meinung nicht wären be-
„kannt gewesen. Der große Newton selbst hat
„ihre Stärke sehr gut gemerkt, aber da er sich
„von der Fortpflanzung der Strahlen den aller-
„seltsamsten Begriff gemacht hatte, so darf
„man sich nicht wundern, daß er diese so große
„Ungereimtheiten habe übersehen können. *)...

*) Euler widerspricht sich hier selbst. Wenn Newton die Stärke der Ungereimtheiten merkte, so hatte er

„Es ist für einen Philosophen viel zu schwer und „demüthigend über irgend eine Sache seine Ungewißheit zu gestehen. Besser ist es, die größten „Ungereimtheiten zu behaupten, besonders wenn „man das Geheimniß besitzt, sie in dunkle „Kunstwörter einzuhüllen, die Niemand ver„steht. *)“

Hernach erklärt nun Euler aus seiner Hypothese die Lichtfarben.

„Die leuchtenden Körper“ (so fährt er im sechs und zwanzigsten Briefe fort) „müssen mit „musikalischen Instrumenten verglichen werden, „die man spielt, oder die eben wirklich tönen; „die dunkeln aber, so lange sie nicht erleuchtet „sind, mit musikalischen Instrumenten, die nicht „gespielt werden, deren gespannte Saiten jetzt „nicht klingen.“ .... Und dann im acht und zwanzigsten Briefe ... „Die Analogie zwi„schen Licht und Schall ist so vollkommen, daß

„sie

er sie ja nicht übersehen, sondern er müßte sie absichtlich versteckt haben.

*) Der Vorwurf trifft nun wahrlich Newton am allerwenigsten, denn er hat in dieser Lehre gerade sehr deutlich, sehr faßlich, man möchte sagen, sehr herablassend sich erklärt; und bey vielen Mißverständnissen und Widersprüchen, denen seine Versuche und seine Theorie gleich anfangs ausgesetzt waren, eine wahre philosophische Geduld bewiesen.

„sie sich auch in den kleinsten Umständen be-
„stätigt."

Euler setzt im ein und dreißigsten Briefe die Farben in folgender Ordnung neben einander,

C.	D.	E.	F.	G.	A.	B.
Purpur	Roth	Orange	Gelb	Grün	Blau	Violet

und setzt hinzu:

„Man kann diese Farben mit den Tönen einer „Octave vergleichen, so wie ich sie hier vorge-„stellt habe, weil die Farben sich eben so wohl, „als die Töne, durch Zahlen ausdrücken lassen. „Es scheint sogar, daß, wenn man das Violette „noch weiter erhöhet, man zu einem neuen Pur-„pur kommt, gerade so, wie man in Stimmen, „wenn man über das B hinausgeht, wieder zum „c kömmt, welches eine Octave über dem C ist. „Und wie man in der Musik diesem Tone, wegen „seiner Aehnlichkeit, eben den Namen giebt, so „ist es auch mit den Farben, die, wenn sie „durch die Intervalle einer Octave hinaufgestiegen „sind, wieder dieselben Namen bekommen; oder „zwey Farben, so wie zwey Töne, deren eine „gerade doppelt so viele Schwingungen macht, „wie die andere, werden als eine Farbe angese-„hen, und bekommen einerley Namen.

„Auf diese Grundsätze wollte der Pater Ca-„stel in Frankreich eine Art von Musik der Far-„ben gründen. Er machte ein Clavier, wo jede

„Taste,

„Taste, wenn sie berührt wird, ein Stück Tuch „von einer gewissen Farbe sehen läßt, und er „glaubt, daß dieses Clavier, wenn es gut ge„spielt würde, den Augen ein sehr angenehmes „Schauspiel geben könne. Er nennt es ein Far„benclavier. Ich für mein Theil glaube, daß „es eigentlich die Mahlerey sey, die für die Au„gen das, was die Musik für die Ohren ist; und „ich sehe nicht ein, wie eine Reihe gefärbter „Tuchlappen, die in einer gewissen Ordnung er„scheinen, dem Auge sehr angenehm seyn könne."

— Ich habe meinen jungen Lesern hier Eulers Licht- und Farbentheorie in einem Auszuge aus seinen bekannten Briefen mit seinen eigenen Worten geben wollen. Sie ist dort in mehreren Briefen ziemlich wortreich und mit Wiederholungen, welche die Briefform veranlaßt und entschuldigt, vorgetragen. Den Ausdrücken aber, womit der große Euler die Meinung des großen Newtons verwirft, scheint es an hinlänglicher Veranlassung und Entschuldigung zu fehlen.

Welche von beyden Theorieen verdient denn nun den meisten Beyfall? werden meine jungen Leser fragen.

Es würde eine unverzeihliche Anmaaßung seyn, zwischen zwey so großen Männern, wie Newton und Euler, den Schiedsrichter machen zu wollen; aber das darf man wohl sagen, daß, wenn die Newtonsche Theorie manchen Einwürfen ausgesetzt ist, doch auch gegen die Euler-

sche

che vieles eingewendet werden kann. Zu einer ausführlichen Erörterung ist hier nicht Platz; aber um nur Eines anzuführen, was Euler, so viel ich weiß, nicht bemerkt; was aber der gerühmten Analogie zwischen Farben und Tönen nicht entspricht: — blaues und gelbes Farbenlicht macht grünes; aber die Töne A und F machen nicht den Ton G.

Noch sey es erlaubt zu bemerken, daß einige von den Einwendungen gegen das Emanationssystem, worauf Euler viel Gewicht legt, nicht bedeutend sind, und zum Theil das Eulersche Vibrationssystem selbst eben so gut treffen.

Daß die Sonnenmasse abnehmen müsse, wenn beständig Ausflüsse von Licht Statt finden sollten, ist einer der am öftersten gerügten Punkte; aber in der That nicht sehr bedeutend. Die Abnahme, falls sie wirklich geschähe und nothwendig geschehen müßte, könnte doch vielleicht wegen großer Feinheit des Lichts nicht so merklich seyn, daß wir den scheinbaren Durchmesser der Sonnenscheibe deshalb durch unsere Instrumente jetzt kleiner finden könnten, als ehemals *). — Und wie lange ist es denn, daß wir Weiten am Himmel

*) Wenn der Durchmesser seit ein paar hundert Jahren auch eine ganze deutsche Meile kleiner geworden wäre, so würden wir es noch durch die feinsten Instrumente nicht merken können.

mel mikrometrisch bestimmen können? — und wie lange erfüllt nicht ein Stückchen Bisam einen großen Raum mit seinen starkriechenden Ausdünstungen, ohne daß Größe und Gewicht merklich vermindert werden! — Und muß denn auch gerade mit Ausströmen des Lichts Abnahme der Masse des Sonnenkörpers verbunden seyn? Könnte nicht die Lichtmaterie auf irgend eine Art, vielleicht in anderer Form, der Quelle wieder zugeführt werden, um von neuem auszuströmen, so wie der Dampf im Condensator einer Dampfmaschine zu Wasser verdichtet dem Kessel wieder zugeführt wird, um von neuem zu verdampfen, oder wie die Ausdünstungen der Erde sich in der Luft verdichten und in Regen wieder herabkommen? könnten etwa die Kometen ein solches Mittel zur Circulation der Lichtmaterie seyn *)? Daß übrigens nicht der eigentliche Sonnenkörper, sondern die ihn umgebende Lichtatmosphäre leuchte,

*) Kepler hielt die Kometen für Ausdünstungen aus der Sonne. Den Einfall, daß die Kometen zum Ersatz der Lichtmaterie für die Sonne dienen könnten, findet man unter andern schon beym Algarotti in seiner Newtonschen Physik für Damen, und in ernsthafterer Manier und mit erhabenern Aussichten in Herschels Abhandlung in den Philosophical Transactions 1795. I. und daraus in Lichtenbergs trefflichen Aufsätzen für das Göttingische Taschenbuch 1797.

leuchte, haben neuere Beobachtungen sehr wahrscheinlich gemacht *). Der eigentliche Kern der Sonne ist eine dunkele Kugel, die ihre Berge und Thäler hat, wie unsere Erde. Was aber bey dieser Luft und Wolken sind, das ist bey der Sonne Licht.

Ueberhaupt scheinen die neueren Beobachtungen sich besser an die Newtonsche, als an die Eulersche Theorie anzuschließen **).

68.

*) Diese Beobachtungen und darauf gegründete Muthmaßungen über die Natur der Sonne haben wir vorzüglich drey deutschen Astronomen, Bode, Schröter und Herschel, zu danken. M. s. des letztern in voriger Anm. angef. Abh. in den Phil. Trans.

**) Was wir im Obigen Eulersche Theorie des Lichts und der Farben nennen — wie man sie denn gewöhnlich nach Eulern benennt — könnte man mit eben so vielem Rechte nach Malebranche benennen. Dieser gelehrte Jesuit nimmt in mehrern Stellen seiner gewiß schätzbaren, obgleich nicht mehr sehr gelesenen, philosophischen Schriften, vorzüglich in seiner Recherche de la verité, T. IV. wovon die Eclaircissemens sur la lumiere einige Abschnitte einnehmen, (in der 8ten Ausgabe, Paris 1749. S. 409. u. f.) völlig das Vibrationssystem an. Er vertheidigt und modificirt die Cartesianischen Wirbel — (ohne Newton zu verkleinern) — und deducirt daraus folgendes.

Ainsi il en est de la lumiere et des diverses couleurs, comme du son et des differens tons. La

La grandeur du son vient du plus ou du moins de force des vibrations de l'air grossier, et la diversité des tons du plus ou du moins de promptitude de ces mêmes vibrations, comme tout le monde en convient. La force ou l'éclat des couleurs vient donc aussi du plus ou du moins de force des vibrations — non de l'air, mais de la matiere subtile, et les differentes especes des couleurs du plus ou du moins de promptitude de ces mêmes vibrations.

. . . . . . Supposé donc, que la varieté des couleurs ne vienne que de la promptitude differente des vibrations de pression, ainsi que je crois l'avoir suffisamment prouvé on peut voir clairement la raison, pourquoi tous les rayons simples, qui sont le rouge, l'orangé, le jaune, le verd, le bleu, l'inde ou bleu obscur, et le violet, ne changent point leur couleur, ou la promptitude de leurs vibrations et que leurs refractions ont toujours le même rapport les unes avec les autres, ce que Mr. Newton a prouvé par plusieurs expériences décisives.

. . . . . . Je crois donc qu'on peut conclure de là avec beaucoup de vraisemblance que le rayon rouge qui a le plus de force puisqu'il soufre moins de refraction que les autres rayons, n'est pas repoussé si promptement ou recommence ses vibrations moins souvent que ceux qui le suivent et que le violet qui est le dernier et le plus foible est celui de tous, dont les vibrations sont les plus petites, et les plus promptes ou recommencent le plus souvent etc. . . . .

Euler

Euler in der nova Theoria lucis et colorum, welche in den Opusculis varii argumenti. Berol. 1746. steht, und in den Lettres à une princesse d'Allemagne. V. I. L. 17-32. eignet, wie wir oben erzählt haben, dem rothen Strahl die schnellsten, dem violetten die langsamsten Schwingungen zu; hingegen in dem Essai d'une explication physique des couleurs engendrées sur des surfaces extremement minces; S. Mémoires de l'academie de Berlin. 1752. (wo beyläufig das surfaces . . . . minces, nicht gut mathematisch gesprochen ist;) eignet er umgekehrt (wie Malebranche) dem rothen Lichte die langsameren, dem violetten die schnelleren Schwingungen zu, wobey Gehler (phys. Wörterb. Art. Farbe) gar richtig bemerkt: es sey kein gutes Symptom bey einer Hypothese, wenn sich einerley Sache auf zweyerley ganz entgegen gesetzte Arten daraus erklären ließen.

Das „nova Theoria" . . . im Titel der erstgenannten Schrift litte also gewissermaaßen eine Einschränkung, weil sie schon von Malebranche angegeben, wiewohl nicht so sehr ausgeführt ist, (so wie auch die Eulersche Hypothese von den Kometenschweifen sich schon in einem weit älteren Schriftsteller findet.)

Wir alle, Leser und Schreiber dieses, verehren gewiß Eulern viel zu sehr, als daß dies Schatten auf sein Licht werfen sollte — les esprits se rencontrent. Er hat uns sonst Licht genug gegeben; in Rücksicht dessen, was von der Sonne kömmt, wird sein Geist vielleicht jetzt mit dem des englischen Philosophen zusammentreffen, von dem der Dichter so schön sagte.

God say, lit Newton be, and all was light.

68.

Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts, vom Hrn. Professor Wünsch *).

Die merkwürdigen Versuche, wovon wir hier eine kurze Nachricht zu geben haben, geben andere Resultate, als die Newtonschen. Hr. Pr. Wünsch ordnete fünf gleiche und ähnliche Glasprismen in einem Gestelle über einander, so daß ihre Axen einander parallel in einer Verticalebene lagen und jeder für sich um seine Axe gedreht werden konnte. In einer im Fensterladen angebrachten Platte waren fünf kleine Löcher, die nach Gefallen geöffnet oder verstopft werden konnten. Die Farbenstrahlen wurden mit einer auf einem beweglichen Gestelle stehenden Tafel aufgefangen, die an der vordern Seite weiß, an der hintern schwarz angestrichen und mit einem durchlöcherten Plättchen versehen war, um nach Gefallen einen Farbenstrahl durchfallen zu lassen. Das Zimmer war, wie bey solchen Versuchen nothwendig ist, vollkommen verfinstert.

Durch Oeffnung von zwey, drey und mehreren Löchern im Fensterladen und durch gehörige Drehung

*) Die obige Ueberschrift ist zugleich der Titel der Schrift des Hrn. Prof. Wünsch. Leipzig, 1792.

Drehung der Prismen konnten zwey, drey und mehrere Farbenlichter auf eine und eben dieselbe Stelle der Tafel geleitet werden. Durch diese Vorrichtungen zeigte sich nun folgendes.

1. Rothes und grünes Licht zusammen geleitet gab gelbes. Der Schatten eines in dieses gelbe Licht gehaltenen Bleystifts hatte unten einen grünen, oben einen rothen Rand (I. 1.) *).

2. Grünes und violettes Licht zusammen geleitet gab blaues. Der Bleystiftschatten hatte unten einen violetten, oben einen grünen Rand (I. 2.).

3. Roth, grün, violet, alle drey zusammen geleitet, gab weißes Licht, und zwar am vollkommensten, wenn aus einem Prisma roth, aus zwey Prismen grün und aus zweyen violet zusammen geleitet wurde (II. 4.).

4. Wenn die Strahlen durch Convexgläser von $4\frac{1}{2}$ Fuß Brennweite vor die Prismen gelegt, geleitet wurden, wodurch die Strahlen von gleicher Brechbarkeit näher zusammen gebracht, also die Farben besser von einander gesondert und die Farbenbilder sehr schmal werden, so war der Erfolg

*) Die in Klammern beygesetzten Zahlen beziehen sich auf Hrn. Prof. Wünsch's Versuche. So bedeutet (I. 1.) Erste Reihe von Versuchen, erster Versuch.

Erfolg derselbe, wie in den vorigen Versuchen (III.)

5. Wenn der rothe Strahl durch das Loch der Tafel durchgelassen, hinter demselben durch ein zweytes Prisma gebrochen und auf einer zweyten Tafel aufgefangen wurde, so zeigte sich keine andere Farbe, als die rothe; die Tafel mogte senkrecht oder schief gegen den Strahl stehen (IV. 1.). Eben so blieb auch der grüne Strahl nach der zweyten Brechung grün (IV. 4.) und der violette blieb violet (IV. 7.).

6. Hingegen der orangenfarbene, so auch der gelbe Strahl, gaben nach der zweyten Brechung ein nicht bloß orangenfarbenes und gelbes, sondern oben grün und unten roth begränztes Farbenbild, welches auch bey senkrecht gegen den Strahl stehender Tafel länglichtrund war, und dessen grüne und rothe Einfassung noch breiter war, wenn die Tafel rückwärts geneigt und dadurch die Ellipse noch länglichter gezogen wurde (IV. 2. 3.).

7. Blaues und indigofarbenes Licht gab nach der zweyten Brechung ebenfalls nicht bloß Licht von derselben Farbe, sondern oben violet, unten grün begränzt (IV. 5. 6.).

8. So wie in den obigen ersten Versuchen der Bleystiftschatten in den aus zwey Prismen zusammen geleiteten Lichtern verschiedenfarbige Ränder hatte, so findet man dieselbe Erscheinung auch in dem gelben und in dem blauen Lichte des

von

von einem einzigen Prisma gemachten Farbenbildes; nämlich in das gelbe Licht gehalten giebt der Bleystift, oder besser ein dünner Drath einen oben roth, unten grün besäumten Schatten; in blaues Licht gehalten aber ist der Schatten oben grün, unten violet begränzt (V. 2. 3. 4. 6. 7. 8.). In das reine rothe, grüne, violette Licht gehalten hat der Schatten keinen fremdfarbigen Saum (V. 1. 5. 9.).

9. Wenn der Strahl durch ein vorgelegtes Converglas in das Prisma geleitet wird, so zeigt sich eben dasselbe (VI.).

Was aus diesen Versuchen für ein Resultat folgt, werden meine jungen Leser selbst schon gefunden haben; nämlich:

Es giebt nur drey einfache und unzerlegbare Lichtfarben: roth, grün, violet.

Die gelben Lichtfarben, nämlich: orange oder rothgelb, ferner das reine oder hochgelb, und das grünlicht-gelbe, sind Mischungen von rothem und grünem Lichte nach verschiedenen Verhältnissen.

Die blauen Lichtfarben, nämlich grünlicht-blau, ferner rein oder hochblau und indigo, sind Mischungen von grünem und violettem Lichte nach verschiedenen Verhältnissen.

Die heilige Zahl 7 wäre also auf die nicht minder heilige Zahl 3 reducirt.

Das

Das hier unter der Nummer 8 angezeigte Phänomen, daß nämlich der Schatten im gelben oder blauen, von einem einzigen Prisma herkommenden, also nicht künstlich gemischten Lichte, dennoch fremdfarbige Ränder giebt, scheint dem Urheber dieser Theorie vorzüglich der entscheidende Versuch (experimentum crucis) zu seyn. *)

„Aus allen diesen Versuchen," sagt er am Schlusse derselben, „erhellet unstreitig zur Ge„nüge, daß die aufgestellte Hypothese von drey „einfachen Lichtfarben, keine Hypothese mehr „sey, sondern als ein bewiesener Satz anerkannt „werden müsse."

Ganz als bewiesen anerkannt ist nun zwar diese Theorie noch nicht; aber in der That sind auch die Versuche weniger, als sie verdienten, beachtet worden, und es fehlt vielleicht nur an hinlänglicher Wiederholung, um sie bestätigt zu finden. Ich würde hinzusetzen, daß meine eigenen unbedeutenden Versuche mit denen des Herrn Dr. Wünsch sehr übereinstimmten, wenn ich ihnen nicht viel zu wenig Werth beylegte, um sie zur Bestätigung anführen zu können; wozu sie mit mehr

*) Newtons sogenanntes experimentum crucis war das, wodurch er die verschiedene Brechbarkeit des Lichts unwidersprechlich bewies.

mehr Sorgfalt und Ruhe angestellt werden müßten, als ich bis jetzt zu thun im Stande war.

Ich füge daher statt dessen lieber noch zum Schluß eine Stelle von Herrn Dr. Wünsch merkwürdiger Schrift bey, worin er zeigt, daß im Grunde seine Versuche und Resultate den Newtonschen nicht so sehr entgegen sind, als es auf den ersten Blick scheint.

„Die Zerlegung des gelben und hochblauen „Lichts scheint doch Newton auch bemerkt zu ha„ben, wenigstens läßt sich aus den Worten, de„ren er sich bey Beschreibung dieser Versuche und „Resultate bedient, gar nicht folgern, daß er an „gedachten beyden Lichtern keine fremdfarbigen „Säume wahrgenommen habe, wenn sie zum „zweytenmale gebrochen waren."

„Wenn ich sage," spricht er (Newton), „daß „durch die zweyte Brechung die Lichtfarben wei„ter keine Veränderung leiden, so will ich dieses „bloß von einer Veränderung, welche merklich „in die Sinne fällt, verstanden wissen; denn da „keine der Lichtfarben, die ich da einfach nenne, „ganz genau und vollkommen einfach ist, son„dern bald an dem einen, bald an dem andern „Ende ein wenig des nächstanliegenden fremdar„tigen Scheines beygemischt enthält, so muß al„lerdings eine kleine Veränderung derselben durch „eine zweyte Brechung entstehen."

„Größer würde Newton diese Veränderung „oder die Zerlegung der beyden oben gedachten „Lichtfarben gefunden haben, wenn er die kleinen „Bilder weit genug hinter dem zweyten Prisma „aufgefangen hätte. Er nahm sie aber nur in „einer Entfernung von zwey bis drey Fuß, und „nicht schief, sondern senkrecht, wie er ausdrück- „lich sagt; daher hat er die fremdfarbigen Säume „freylich leicht übersehen können, weil sie zu fein „und schmal ausfielen.

„Doch dieser berühmte Urheber der Lehre von „den Lichtfarben hat wohl überhaupt gar nicht „einmal beweisen wollen, daß die gelben und „hochblauen Lichter ganz einfach wären; denn „sonst hätte er den Gegenbeweis in seinen eigenen „Versuchen gewiß gar leicht selbst gefunden. Sein „ganzes Bestreben in dieser Sache ging wahr- „scheinlich vielmehr nur dahin, zu zeigen, daß „jeder weiße Lichtstrahl aus Theilen von verschie- „dener Brechbarkeit bestehe, welcher Satz damals „noch vielen Gelehrten an der Seine eine Thor- „heit, und vielen an der Themse ein Aergerniß „war; jetzt aber allerdings von keinem vernünfti- „gen Menschen mehr bezweifelt werden kann.

„Dabey hat er freylich auch gefunden, daß „das länglichte Bild aus verschiedenen Farben „bestehe .... und geschlossen, was ebenfalls kein „Mensch läugnen kann, daß die rothen am we-

„nig-

„nigsten .... die violetten am meisten brechbar „wären.

„Ueberdies fand er, daß einige der Haupt„abstufungen sich durch keine neue Brechung zer„legen ließen: aber daß er dieses bey allen „Hauptabstufungen so gefunden habe, „das hat er wenigstens nicht ausdrück„lich gesagt, nicht unwidersprechlich „bewiesen, sondern sich oft vielmehr „das Gegentheil deutlich merken „lassen....

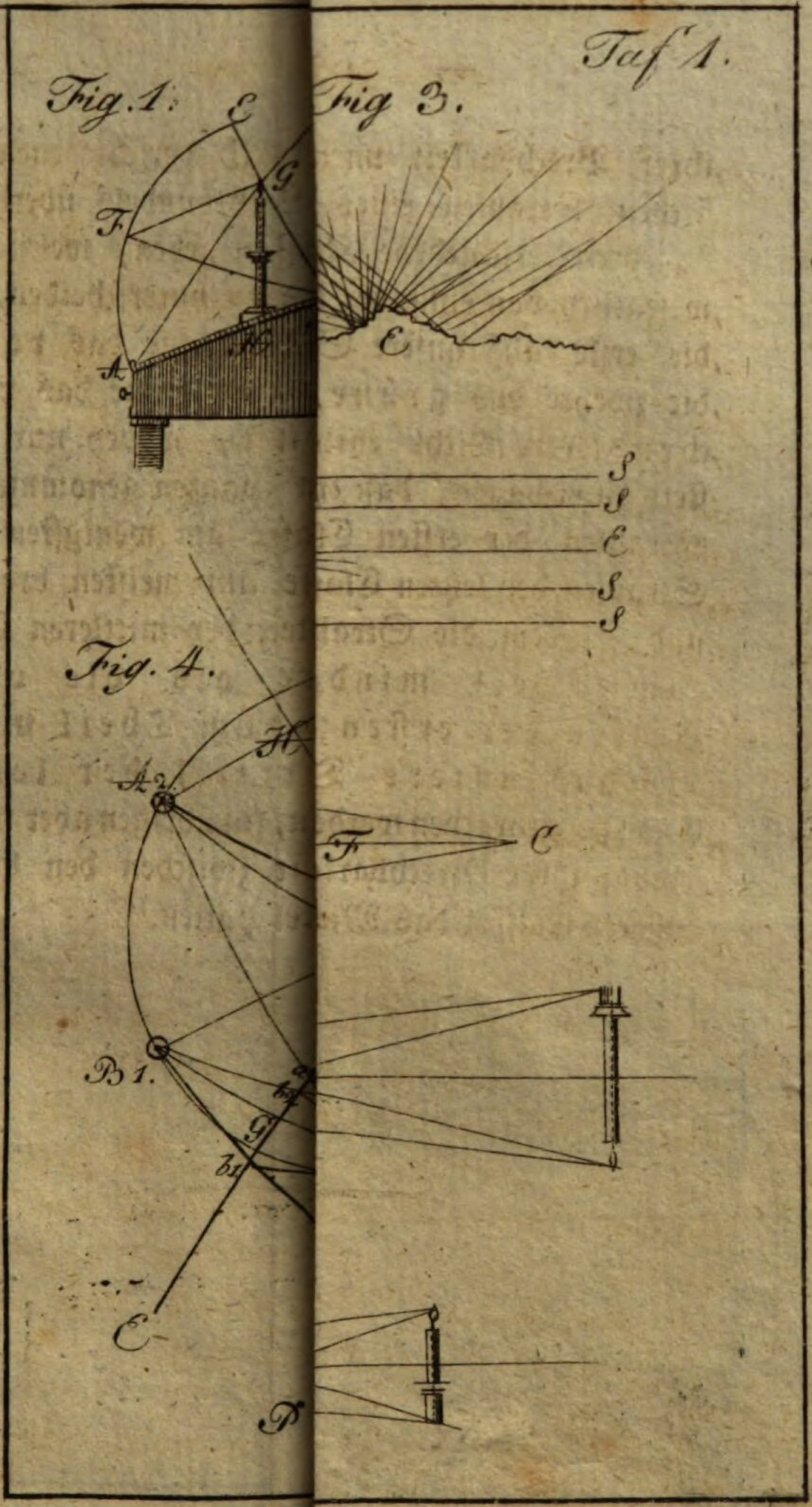
„Meine Behauptung ist von der bisher all„gemein angenommenen Meinung hauptsächlich „darin verschieden:

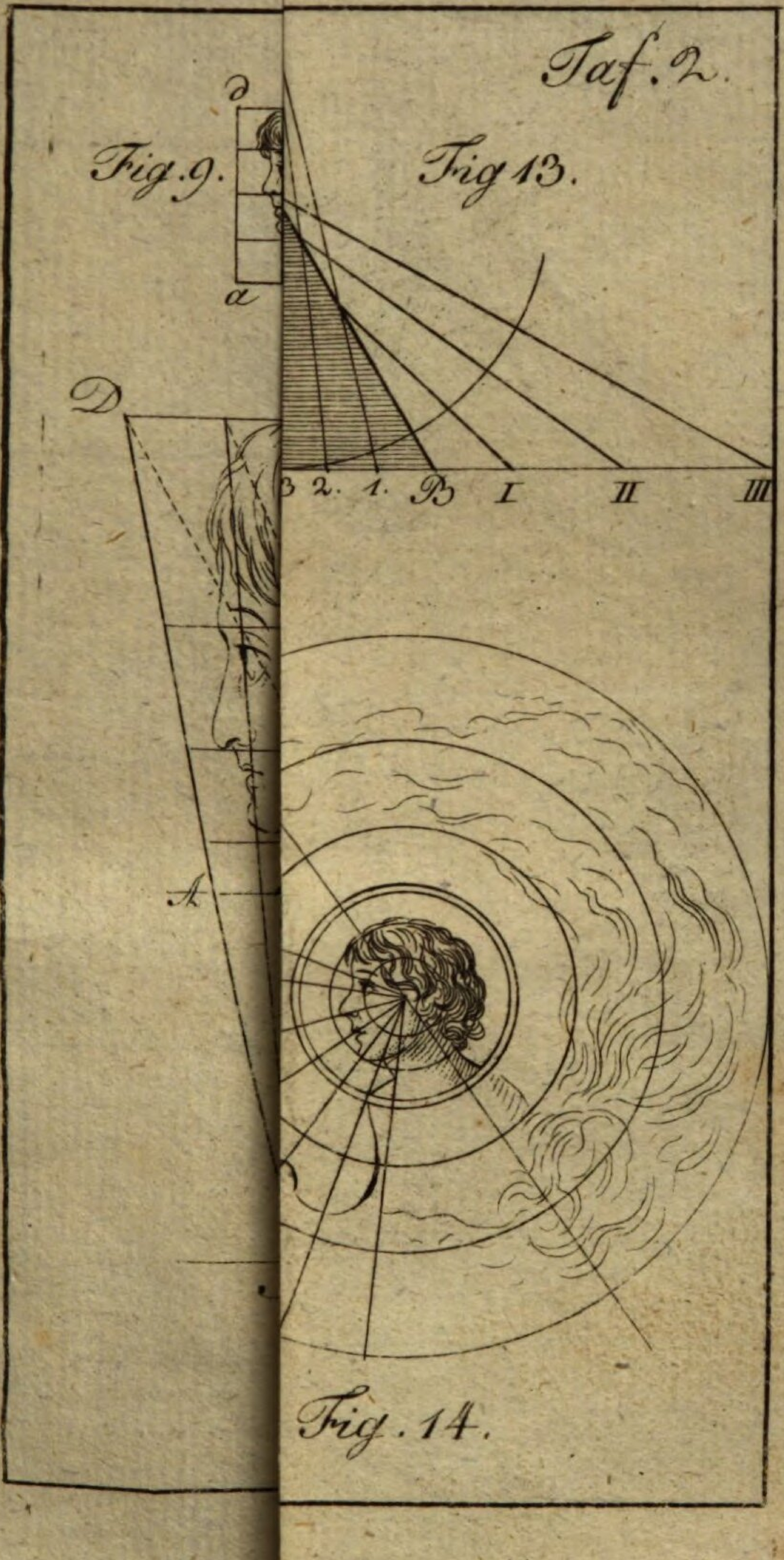
„Newton, und mit ihm die ganze natur„forschende Welt, sagt nämlich: das Licht stelle „in unserm Sehorgane immer andere und andere „Farben dar, je mehr es brechbar sey, oder, „das weiße Licht sey aus unendlich vielen ver„schiedenen Lichtfarben zusammengesetzt, wiewohl „unser Auge nur sieben Hauptgattungen derselben „unterscheide, und jede der unendlich verschiede„nen Farben besitze ihre eigene Brechbarkeit.

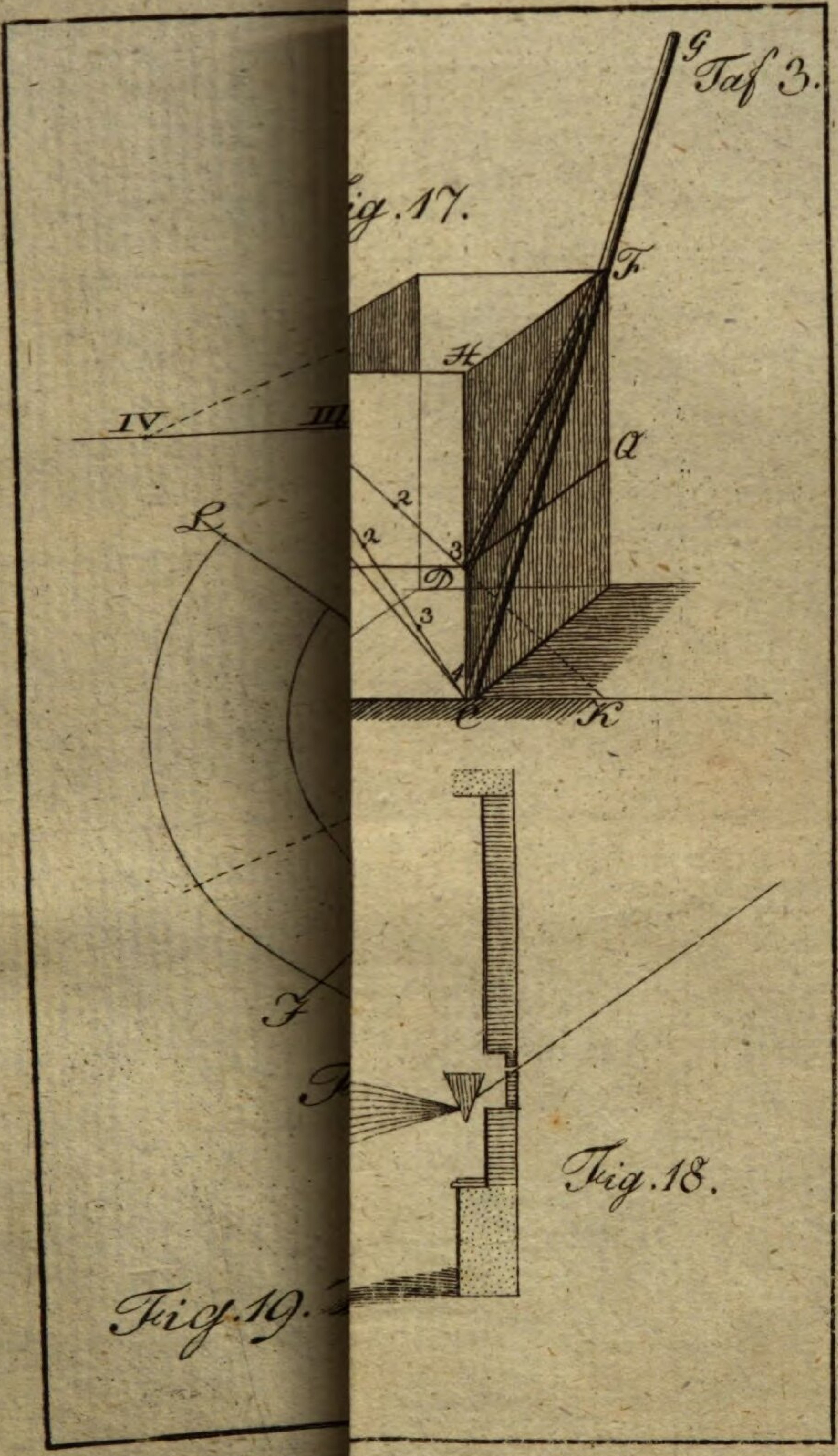
„Ich hingegen behaupte, daß die verschie„dene Brechbarkeit nicht hinreichend sey, eine „Farbe zu bestimmen, oder daß alle in Ansehung

„ihrer

„ihrer Brechbarkeit unendlich verschiedenen ein=
„fachen Strahlen eines Lichtbündels überhaupt
„nur drey verschiedene Classen geben, welche sich
„wesentlich von einander darin unterscheiden, daß
„die erste auf unsere Seheorgane das rothe,
„die zweyte das grüne, die dritte das veil=
„chenblaue Licht entwirft, wobey nur noch
„stets zu erwägen, daß im Ganzen genommen die
„Strahlen der ersten Classe am wenigsten, die
„Strahlen der letzten Classe am meisten brechbar
„sind, indem die Strahlen der mittleren Classe
„zum Theil minder als die obere
„Hälfte der ersten; zum Theil mehr,
„als das untere Drittel der letzten
„Classe gebrochen werden, im übrigen aber in An=
„sehung ihrer Brechbarkeit zwischen den beyden
„äußeren Classen das Mittel halten.“


Taf 1.
Fig. 1:
Fig 3.
Fig. 4.
E
G
F
A
E
S
S
E
S
S
H
A2
F
C
B1
G
b1
E
P


Taf. 2.
Fig. 9.
Fig 13.
d
a
D
A
3 2. 1. P I II III
Fig. 14.


Taf 3.
Fig. 17.
G
F
H
IV
III
Q
L
2
2
3
D
3
A
C
K
J
Fig. 18.
Fig. 19.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Vieth, Gerhard Ulrich Anton,

Physikalischer Kinderfreund

Bd.: 6

Leipzig (1803)

Regensburg, Staatliche Bibliothek -- 999/Philos.1936(6
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11110705-6